

**ANALYSE DU POTENTIEL D'AUTOMATISATION
DU PROCÉDÉ DE FABRICATION DES PANNEAUX
MURAUX À OSSATURE DE BOIS**

Rapport présenté au
ministère des Ressources naturelles
par Forintek Canada Corp. et le
Centre de recherche industrielle du Québec

Juillet 2002

Important : Veuillez noter que les pages manquantes ne contiennent aucune information

NOTE AU LECTEUR

L'information contenue dans ce document est fournie à titre indicatif seulement et n'engage aucunement la responsabilité du ministère des Ressources naturelles (gouvernement du Québec).

AUTEURS

MM. Michel Bouchard et Vincent Vallée du Centre de recherche industrielle du Québec, en collaboration avec M. François Robichaud de Forintek Canada Corp.

DIFFUSION

Ministère des Ressources naturelles
Direction du développement de l'industrie des produits forestiers
880, chemin Sainte-Foy, bureau 6.50
Québec (Québec) G1S 4X4
CANADA
Téléphone : (418) 627-8644, poste 4106
Télécopieur : (418) 643-9534

Nous vous invitons à visiter le site Internet
du Ministère à l'adresse suivante :

<http://www.mrn.gouv.qc.ca>

© Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles, 2002
Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec, 2002
ISBN 2-550-39917-X

Code de diffusion : 2002-3105

AVANT PROPOS

La présente étude a été réalisée dans le cadre du programme « Brigades de la 2^e et 3^e transformation du bois » du ministère des Ressources naturelles du Québec. Elle est justifiée d'une part, par la croissance observée dans le secteur des systèmes de murs en panneaux tant au Canada qu'aux États-Unis. D'autre part, on constate un manque de connaissances sur les équipements d'automatisation des procédés de fabrication.

Dans une précédente étude, réalisée en 2002, Forintek Canada Corp. estime la part de marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle américaine à 18 %. Cette étude montre que ce sont les gros constructeurs qui utilisent majoritairement ce genre de murs. On constate également que le Nord des États-Unis est la région américaine qui en utilise le plus, avec 30 % du marché. Enfin, lors de l'enquête menée auprès d'un large échantillon de constructeurs, dans le cadre de cette même étude, il ressort que ces derniers anticipent une consommation accrue de ces produits.

Par ailleurs, cette même enquête révèle que les deux qualités les plus recherchées par les constructeurs de maisons unifamiliales qui assemblent des murs sont, dans l'ordre, la rectitude et la rapidité d'assemblage, ce que les murs fabriqués en usine offrent davantage que ceux assemblés, de façon traditionnelle, sur le site de construction.

Dans ce contexte, le ministère des Ressources naturelles a mandaté Forintek Canada Corp. et le Centre de recherche industriel du Québec, dans le cadre de son programme « Brigades de la 2^e et 3^e transformation du bois », pour réaliser une étude du potentiel d'automatisation du procédé de fabrication des panneaux, pour murs ouverts et fermés, à ossature de bois. Cette étude se divise en trois volets, soit les logiciels, les équipements et les coûts d'investissement pour ces derniers.

D'abord, l'examen des différents logiciels de dix concepteurs, actuellement sur le marché pour la fabrication des panneaux muraux, révèle d'une part, qu'il y a très peu d'intégration avec les dessins d'architecture. Toutefois ces logiciels permettent différents niveaux d'intégration de gestion de la production. D'autre part, on constate que la plupart ne font aucun calcul d'ingénierie ou de vérification de conformité aux codes de construction. Ainsi, il faut avoir recours à des données incluses dans des banques de données dans lesquelles les capacités de composantes sont stockées.

Ensuite, les différents aménagements d'usines sont décrits et schématisés, soit une usine manuelle conventionnelle et trois à quatre scénarios, pour lesquels le degré d'automatisation va en s'accroissant, selon le type de murs à fabriquer. En ce qui concerne les murs ouverts, l'ampleur des investissements requis varie de 100 000 \$ pour un procédé manuel à 800 000 \$ pour un procédé très automatisé proposé par la compagnie Wasserman. La capacité de production correspondante à ces investissements varie de 400 à 2 600 pieds linéaires par faction de huit heures et le nombre d'employés, de 6 à 10.

Quant aux murs fermés qui ne sont pas des produits standards, trois scénarios d'automatisation proposés par les compagnies Randek Maskin AB et Weinmann sont présentés. L'ampleur des investissements passe de 100 000 \$ à 3 millions de dollars selon qu'il s'agisse d'un procédé manuel à complètement automatisé.

Les retombées majeures de l'automatisation sont l'augmentation de la productivité et de la capacité de production ainsi que la réduction des coûts de production. Pour atteindre ces objectifs, la sélection des équipements est cruciale pour éviter les goulots d'étranglement qui diminuent le rendement sur les investissements. De plus, il faut assurer un niveau de flexibilité suffisant, de manière à répondre aux besoins variés et changeants des marchés. Une analyse de faisabilité technico-économique est incontournable pour établir le scénario le plus adéquat.

Ces investissements sont d'un prix accessible pour diverses entreprises telles que les fabricants de fermes de toit, de poutrelles et de solives qui voudraient élargir leur gamme de produits et pour les fabricants de maisons usinées qui désireraient augmenter leur productivité et leur capacité de production. Toutefois, l'expansion des capacités de production par la voie de l'automatisation doit être rigoureusement planifiée à cause du caractère saisonnier de l'industrie de la construction.

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Le principal objectif de cette étude était de bien documenter les équipements disponibles et d'évaluer le degré d'investissement requis pour la fabrication, en usine, de murs en panneaux à ossature de bois, en fonction de différents scénarios d'automatisation.

La préfabrication en usine des murs d'habitation consiste essentiellement à prendre des pièces de bois de construction (2×3, 2×4, 2×6, etc.), à les couper aux dimensions requises pour obtenir les lisses ainsi que les colombages et à assembler le tout à l'aide de clous. Dans certains cas, pour le recouvrement extérieur, on ajoute un panneau à lamelles orientées (*OSB Oriented Strand Board*) ou un contreplaqué et, parfois, on installe également la membrane pare-air. Bien que plus rarement, il arrive aussi qu'on procède à la pose des fourrures extérieures, du revêtement extérieur, de l'isolant, du pare-vapeur, des fourrures intérieures, du gypse, des portes et fenêtres, de la tuyauterie et du câblage.

Les principaux avantages reliés à la préfabrication en usine des murs en panneaux sont les suivants :

- ↪ Qualité supérieure et surtout plus constante des murs.
- ↪ Réduction sensible des risques d'erreurs et donc, des frais inhérents au service après-vente (réclamations) ce qui se traduit par une meilleure perception et un accueil du produit sur le marché.
- ↪ Réduction des coûts du bois d'œuvre et de la main-d'œuvre d'environ 16 % (le bois peut être acheté à des moments dans l'année où la qualité et le prix sont plus avantageux).
- ↪ Réduction de la main-d'œuvre spécialisée.
- ↪ Réduction des accidents de travail.
- ↪ Réduction des rebuts de bois de l'ordre de 25 %.
- ↪ Réduction du temps d'érection de la structure sur le site de près de 40 % (la structure complète de la maison peut être érigée en seulement une journée) et donc, une diminution importante des frais financiers supportés par l'entrepreneur, en raison d'un temps de rotation plus court.
- ↪ Diminution du risque d'exposition prolongée des matériaux aux intempéries.
- ↪ Plus grand respect des délais de livraison.
- ↪ Augmentation de la productivité (capacité de produire plus de pieds linéaires de mur par employé).
- ↪ Meilleure intégration entre le travail du concepteur et celui des gens à la production qui se traduit par une plus grande efficacité.

De façon générale, les panneaux muraux ouverts sont fabriqués plutôt par des fabricants de fermes de toit, alors que les panneaux fermés sont davantage produits par des entreprises vouées à la fabrication de maisons préfabriquées.

Certains logiciels développés particulièrement pour ce type de fabrication permettent de produire les plans de production de chacun des murs en usine, à partir des données qu'on retrouve dans les plans et devis du concepteur. De plus, certaines versions plus poussées permettent de gérer en temps réel la production dans l'usine, pour la rendre plus efficace.

Le marché pour les panneaux muraux fabriqués en usine est en croissance. Dans une étude réalisée en 2002, **Forintek Canada Corp.** a estimé la part de marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle américaine à près de 18 %. L'utilisation des murs préfabriqués est prédominante chez les plus importants constructeurs et, régionalement, dans le Nord des États-Unis. D'une part, les constructeurs traditionnels de maisons aux États-Unis consomment de plus en plus de panneaux ouverts ou encore ouverts avec un revêtement, principalement dans le nord du pays. D'autre part, les entreprises québécoises de maisons usinées investissent des efforts accrus dans la commercialisation de leurs produits sur les marchés outre-mer, où elles pressentent des opportunités croissantes. Dans ce contexte, l'automatisation permet d'atteindre un niveau de qualité supérieure de façon constante. Avant tout, l'automatisation est surtout perçue comme un moyen d'augmenter la productivité et la capacité de production, tout en permettant de réduire les coûts de fabrication.

L'ampleur des investissements requis pour automatiser les opérations de fabrication de panneaux muraux varie en fonction du niveau d'automatisation et de la capacité de production visés. Les différents scénarios présentés dans ce rapport s'adressent aussi bien aux PME qui voudraient approvisionner des constructeurs qu'aux fabricants de fermes de toit qui souhaiteraient compléter leur gamme de composantes préfabriquées. Les fabricants de maisons usinées désireux d'augmenter leur productivité ou leur capacité peuvent également tirer profit des principales conclusions découlant de cette étude.

Le caractère saisonnier de l'industrie de la construction incite à une planification rigoureuse de l'expansion des capacités par la voie de l'automatisation. C'est ce qui explique la préférence de certains fabricants pour des procédés plus manuels. Et c'est pourquoi la présente analyse du potentiel d'automatisation des procédés de fabrication a porté sur divers scénarios permettant une implantation par étapes, depuis la fabrication manuelle jusqu'à l'automatisation complète, en passant par les procédés mixtes. Cette approche par étapes est en adéquation avec le but poursuivi par le programme « *Brigades* » en seconde transformation du ministère des Ressources naturelles (MRN). En effet, elle démontre l'accessibilité des technologies de base pour des petites entreprises.

Les principaux systèmes étudiés vont poursuivre leur évolution, notamment vers une plus grande intégration. Dans un avenir rapproché, les logiciels vont permettre une interaction compatible entre les dessins du concepteur et la gestion de la fabrication dans l'usine. Bien que les auteurs soient confiants que les données présentées ici reflètent fidèlement les spécifications des équipements passés en revue, il est indispensable que toute entreprise qui considère la préfabrication de murs en panneaux réalise, au préalable, une étude de faisabilité technico-économique.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Avant propos.....	III
Sommaire exécutif.....	V
Table des matières.....	VII
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	IX
Liste des photos.....	IX
1.0 Introduction.....	1
1.1 Rappel du mandat.....	1
1.2 Objectifs.....	1
1.3 Description des travaux.....	1
1.4 Description de la préfabrication des murs en usine.....	2
2.0 Perspective de marché des panneaux muraux préfabriqués.....	5
3.0 Avantages de la préfabrication des murs en usine.....	9
4.0 Logiciels disponibles pour la fabrication des panneaux muraux.....	11
5.0 Scénarios d'automatisation de la fabrication des panneaux muraux.....	15
5.1 Murs ouverts.....	15
5.1.1 Usine manuelle typique de murs ouverts en panneaux avant d'envisager l'automatisation.....	15
5.1.2 Usine peu automatisée.....	17
5.1.3 Usine moyennement automatisée.....	18
5.1.4 Usine automatisée.....	19
5.1.5 Usine très automatisée proposée par Wasserman.....	21
5.2 Murs fermés.....	23
5.2.1 Usine manuelle typique de murs fermés avant d'envisager l'automatisation.....	23
5.2.2 Usine Randek Maskin AB n° 1.....	24
5.2.3 Usine Randek Maskin AB n° 2.....	28
5.2.4 Usine proposée par Weinmann.....	33
6.0 Type d'équipements offerts, prix et fournisseurs.....	37
6.1 Équipements de préproduction.....	37
6.2 Équipements de production.....	38
7.0 Conclusions et recommandations.....	41
8.0 Bibliographie.....	43

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 : Part de marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle aux États-Unis selon la taille des constructeurs.....	5
Figure 2 : Part de marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle aux États-Unis selon les régions.....	6
Figure 3 : Attributs recherchés par les constructeurs quand ils fabriquent des murs.....	7
Figure 4 : Importations américaines de panneaux de murs préfabriqués et exportations du Québec vers les États-Unis.....	8
Figure 5 : Exemple d'aménagement d'une usine manuelle typique.....	16
Figure 6 : Exemple d'aménagement d'une usine peu automatisée.....	17
Figure 7 : Exemple d'aménagement d'une usine moyennement automatisée.....	18
Figure 8 : Exemple d'aménagement d'une usine automatisée.....	19
Figure 9 : Exemple d'aménagement d'une usine très automatisée.....	21
Figure 10 : Exemple d'aménagement d'une usine manuelle typique.....	23
Figure 11 : Exemple d'aménagement de l'usine automatisée n°1, proposé par l'entreprise Randek Maskin AB.....	25
Figure 12 : Exemple d'aménagement de l'usine n°2, proposé par l'entreprise Randek Maskin AB.....	29
Figure 13 : Exemple d'aménagement de l'usine proposée par Weinmann.....	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principaux équipements de préproduction.....	37
Tableau 2 : Principaux équipements de production.....	38

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Murs ouverts.....	3
Photo 2 : Murs fermés.....	3

1.0 INTRODUCTION

1.1 Rappel du mandat

On constate une demande croissante pour les composantes et les systèmes préfabriqués dans le marché de la construction résidentielle, tant au Canada qu'aux États-Unis, particulièrement pour les systèmes de murs en panneaux. Aux États-Unis, on note certaines tendances vers la fabrication de murs en panneaux à l'aide d'équipements automatisés, au même titre que la fabrication de poutrelles et de fermes de toit. Les usines québécoises de composantes préfabriquées impliquées dans la fabrication de murs en panneaux sont en grande majorité de faible taille et peu mécanisées. Afin que les fabricants canadiens de produits du bois puissent saisir cette opportunité de valeur ajoutée et s'accaparer des parts de marché, il est nécessaire de bien les documenter sur les équipements disponibles et sur le degré d'investissement requis pour accroître leur position concurrentielle.

Compte tenu du constat d'un manque de connaissances sur les équipements d'automatisation des procédés utilisés pour la fabrication des murs en panneaux, qui a été identifié dans le cadre du programme d'études exploratoires « *Brigades* » du ministère des Ressources naturelles (MRN), l'Institut de recherche sur les produits du bois du Canada (**Forintek Canada Corp.**) désireait faire le point de la situation sur ce sujet.

1.2 Objectifs

Le principal objectif de cette étude est de bien documenter les équipements disponibles et d'évaluer le degré d'investissement requis pour la fabrication automatisée de murs en panneaux à ossature de bois.

Comme sous-objectifs, il s'agissait de :

- 1) Documenter et fournir des caractéristiques sur les meilleurs équipements d'automatisation disponibles sur le marché pour la fabrication de panneaux muraux en usine.
- 2) Organiser et participer à des tournées d'usines très automatisées aux États-Unis.
- 3) Fournir des recommandations sur le type d'équipement le plus approprié, incluant le niveau d'investissement requis pour améliorer le procédé d'usine, selon leur capacité.

1.3 Description des travaux

Pour atteindre les sous-objectifs fixés précédemment, les travaux suivants ont été réalisés :

- 1) Recherches documentaires dans les banques de données, sur Internet et dans la documentation interne, concernant les aspects techniques de la fabrication de ce type de panneaux muraux.
- 2) Identification et contact de quelques spécialistes œuvrant au sein d'associations, d'instituts et de centres de recherche, actifs dans le domaine de la fabrication en usine d'éléments de construction en bois.
- 3) Identification et contact des principaux détenteurs de technologie et fournisseurs d'équipements, en vue d'obtenir toute la documentation possible sur le sujet.

- 4) Visites de quelques usines représentatives des fabricants américains de murs en panneaux très automatisés et possiblement de certains fournisseurs d'équipements avant-gardistes.
- 5) Analyse de l'ensemble des données recueillies.
- 6) Synthèse et mise en forme finale des résultats obtenus.

1.4 Description de la préfabrication des murs en usine

La préfabrication en usine des murs d'habitation consiste essentiellement à prendre des pièces de bois de construction (2×3, 2×4, 2×6, etc.), à les couper aux dimensions requises pour obtenir les lisses ainsi que les colombages et à assembler le tout à l'aide de clous. Dans certains cas, pour le recouvrement extérieur, on ajoute le panneau à lamelles orientées (OSB *Oriented Strand Board*) ou en contreplaqué et, dans d'autres cas, on installe également la membrane pare-air, de type *Tyvek*. Finalement, il arrive qu'on procède à la pose des fourrures extérieures, du revêtement extérieur, de l'isolant, du pare-vapeur, des fourrures intérieures, du gypse, des portes et fenêtres, de la tuyauterie et du câblage.

Dans le document suivant, il est important de préciser la nature des différents types de murs préfabriqués observés dans la construction résidentielle aux États-Unis :

- ↗ **Panneau mural ouvert** : Cadre en bois d'œuvre comportant les lisses, les colombages et, dans le cas des murs extérieurs, les ouvertures.
- ↗ **Panneau semi-ouvert** : Panneau ouvert revêtu sur une face d'un panneau structural (OSB ou contreplaqué) ou non structural (polystyrène, etc.).
- ↗ **Panneau mural fermé** : Panneau semi-ouvert avec revêtement comportant l'isolation, le pare-vapeur et, dans certains cas, la barrière synthétique ou encore les fenêtres.
- ↗ **Panneau isolant structural (SIP)** : Assemblage en trois épaisseurs comportant au centre une mousse isolante et, sur les faces intérieures et extérieures, un panneau structural (OSB ou contreplaqué).

De façon générale, les panneaux muraux ouverts sont fabriqués plutôt par des entreprises fabriquant également des fermes de toit, alors que les panneaux fermés sont davantage produits par des entreprises vouées à la fabrication de maisons préfabriquées.

Certains logiciels développés particulièrement pour ce type de fabrication permettent de produire les plans de production de chacun des murs en usine, à partir des données qu'on retrouve dans les plans et devis du concepteur. De plus, certaines versions plus poussées permettent de gérer en temps réel la production, pour la rendre plus efficace.



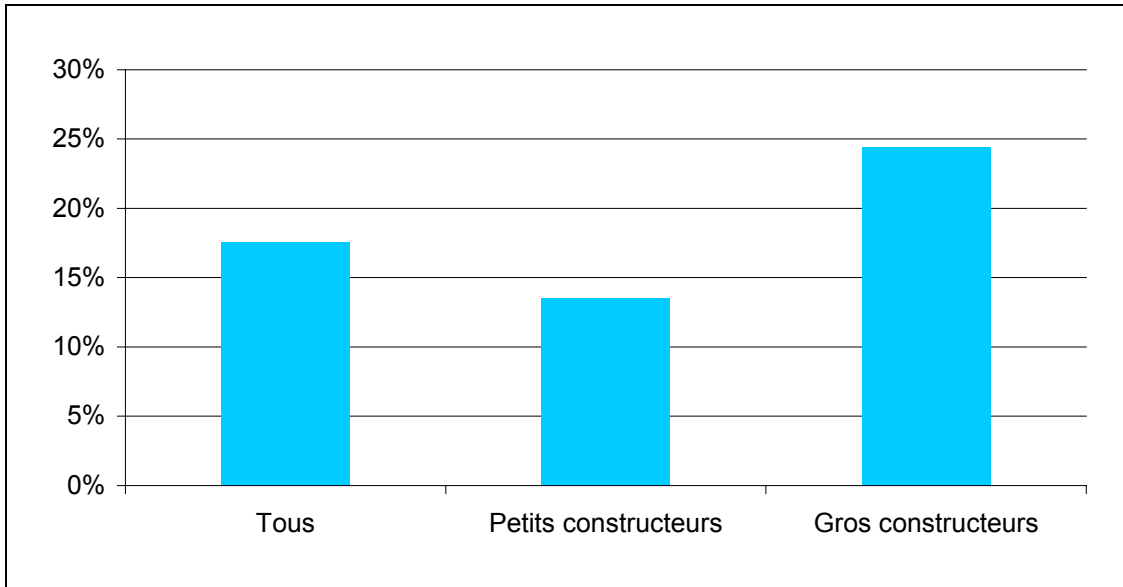
Photo 1 : Murs ouverts



Photo 2 : Murs fermés

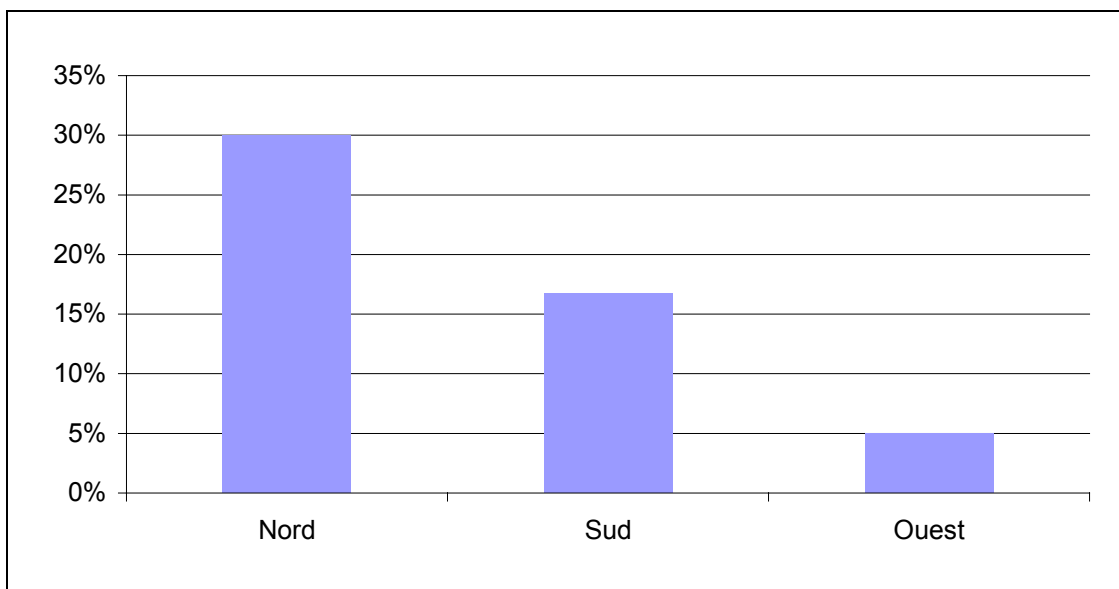
2.0 PERSPECTIVE DE MARCHÉ DES PANNEAUX MURAUX PRÉFABRIQUÉS

Dans une étude récente, **Forintek Canada Corp.** (2002) a estimé la part de marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle américaine à près de 18 %. L'utilisation des murs préfabriqués est prédominante chez les plus gros constructeurs (figure 1) et, régionalement, dans le Nord des États-Unis (figure 2).



Source : Forintek Canada Corp., 2002.

Figure 1 : Part de marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle aux États-Unis selon la taille des constructeurs



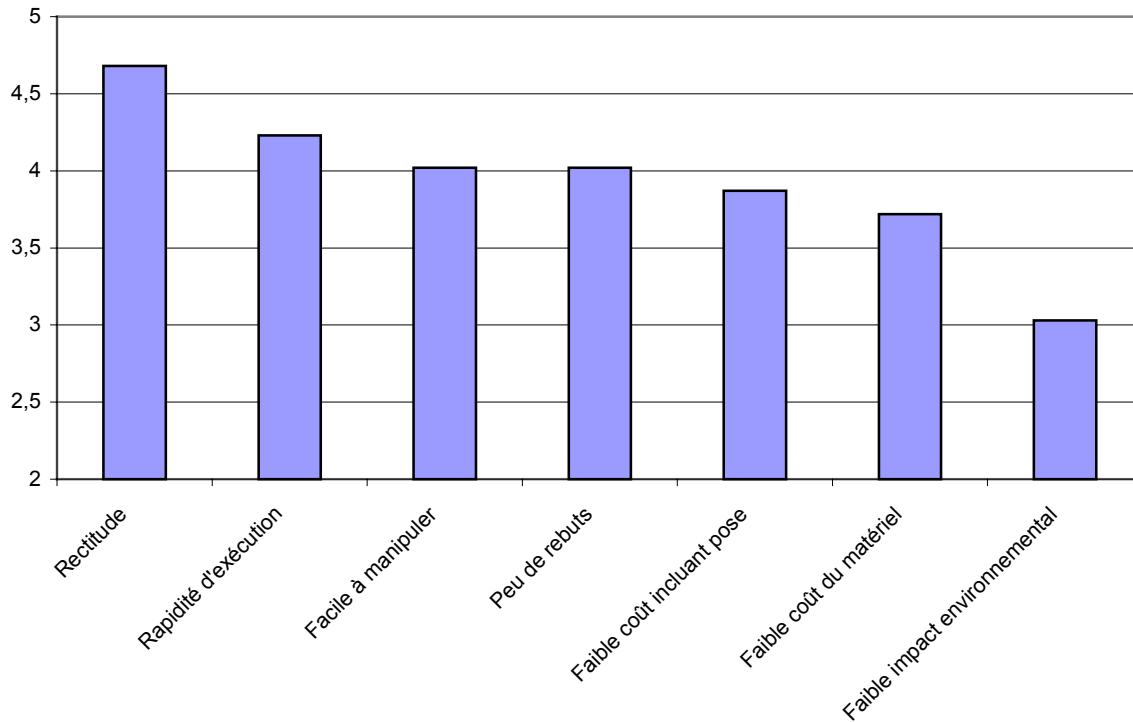
Source : Forintek Canada Corp., 2002.

Figure 2 : Part de marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle aux États-Unis selon les régions

Les panneaux utilisés pour les cloisons intérieures sont, dans 62 % des cas, des charpentes en bois d'œuvre comprenant les lisses hautes et basses, puis les colombages. Pour les murs extérieurs, 63 % des panneaux utilisés comprennent en plus un revêtement structural, typiquement un panneau à lamelles orientées.

Interrogés sur leur consommation future, respectivement 25 % et 43 % des petits et des gros constructeurs ont indiqué qu'ils entendaient augmenter leur utilisation de panneaux de murs préfabriqués. Régionalement, c'est encore le Nord des États-Unis qui se démarque avec 43 % des constructeurs de la région anticipant une consommation accrue.

L'étude de **Forintek Canada Corp.** a permis d'apprendre que les deux attributs qui importent le plus aux constructeurs de maisons unifamiliales quand ils assemblent des murs sont, dans l'ordre, la rectitude et la vitesse d'assemblage. Or, il s'agit d'attributs que les murs fabriqués en usine offrent davantage que les constructions traditionnelles, assemblées sur le site.

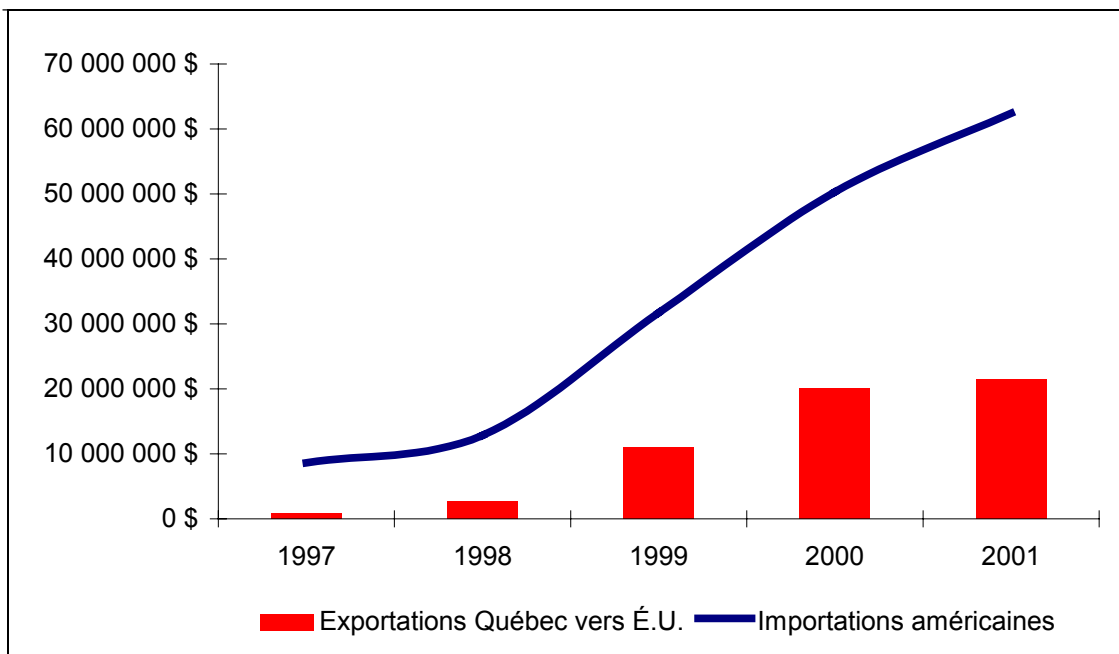


Source : Forintek Canada Corp., 2002.

Figure 3 : Attributs recherchés par les constructeurs quand ils fabriquent des murs

D'autre part, l'utilisation des murs est soutenue par un manque de main-d'œuvre qualifiée chez les menuisiers expérimentés, un phénomène démographique voué à s'amplifier Schuler (2000). Simultanément, il n'existe aucune autre industrie en Amérique du Nord qui ait un impact aussi significatif sur l'économie et qui soit à la fois aussi fragmentée que la construction résidentielle. Les plus importants constructeurs américains, dont les mises en chantier sont en voie d'atteindre pour certains plus de 30 000 unités par année, sont en pleine phase de consolidation et capturent chaque année des parts de marché additionnelles. Tout comme la pénurie de main-d'œuvre, la consolidation sera soutenue. Ce phénomène conduira à l'émergence de constructeurs toujours plus importants. Il importe alors de noter que ce sont précisément les plus importants constructeurs qui recherchent davantage des gains en productivité et, comme l'étude de Forintek Canada Corp. l'a démontré, qui adoptent les murs préfabriqués plus massivement. On entrevoit donc un marché en croissance pour les panneaux de murs préfabriqués, de type ouvert (murs intérieurs) et pour ceux avec un revêtement structural (murs extérieurs). Par ailleurs, la part de marché des panneaux de murs préfabriqués apparaît encore plus importante dans les constructions multifamiliales, qu'unifamiliales.

La progression du marché américain est bien illustrée par la figure 4, les importations ayant passé de 8,6 millions de dollars à 62,4 millions de dollars entre 1997 et 2001. Au cours de cette période, le Québec s'est érigé en principal exportateur de murs vers les États-Unis, procurant à ce marché entre 35 % et 40 % de ses importations depuis 1999.



Sources : Stat USA et Statistique Canada

Figure 4 : Importations américaines de panneaux de murs préfabriqués et exportations du Québec vers les États-Unis

Pour différentes raisons, dont la maniabilité, l'accréditation normative et la familiarité des utilisateurs avec le produit, les panneaux fermés (comprenant l'isolation, la barrière synthétique et même les fenêtres) ne sont pas encore très prisés par les constructeurs américains. Essentiellement, on retrouve les panneaux fermés surtout chez les entreprises de maisons entièrement préfabriquées qui s'occupent de toutes les étapes depuis la production jusqu'à l'installation.

L'étude de **Forintek Canada Corp.** n'a pas porté sur le marché québécois. Toutefois, différentes observations faites auprès de constructeurs locaux permettent de conclure que le marché des murs préfabriqués dans la construction résidentielle québécoise commence à se développer. Bien que ce développement ne soit pas soutenu comme aux États-Unis, on commence néanmoins à rapporter un manque de main-d'œuvre qualifiée qui pourrait susciter davantage l'utilisation du produit.

3.0 AVANTAGES DE LA PRÉFABRICATION DES MURS EN USINE

Voici la liste des principaux avantages reliés à la préfabrication en usine des murs en panneaux :

- ↪ Qualité supérieure et surtout plus constante des murs.
- ↪ Réduction sensible des risques d'erreurs et donc des frais inhérents au service après-vente (réclamations) ce qui se traduit par une meilleure perception et un accueil du produit sur le marché.
- ↪ Réduction des coûts du bois d'œuvre et de la main-d'œuvre d'environ 16 % (le bois peut être acheté à des moments dans l'année où la qualité et le prix sont plus avantageux).
- ↪ Réduction de la main-d'œuvre spécialisée.
- ↪ Réduction des accidents de travail.
- ↪ Réduction des rebuts de bois de l'ordre de 25 %.
- ↪ Réduction du temps d'érection de la structure sur le site de près de 40 % (la structure complète de la maison peut être érigée en seulement une journée) et donc, une diminution importante des frais financiers supportés par l'entrepreneur, en raison d'un temps de rotation plus court.
- ↪ Diminution du risque d'exposition prolongée des matériaux aux intempéries.
- ↪ Plus grand respect des délais de livraison.
- ↪ Augmentation de la productivité (capacité de produire plus de pieds linéaires de mur par employé).
- ↪ Meilleure intégration entre le travail du concepteur et celui des gens à la production qui se traduit par une plus grande efficacité.
- ↪ Profitabilité et compétitivité accrues.

4.0 LOGICIELS DISPONIBLES POUR LA FABRICATION DES PANNEAUX MURAUX

L'utilisation des logiciels est essentielle pour la production des dessins et des plans de conception de chacun des murs. Il y a présentement très peu d'intégration avec les dessins d'architecture de telle sorte que toutes les spécifications doivent encore être traduites par le bureau technique, en plans qui serviront à la fabrication des panneaux muraux en usine, ce qui se révèle très laborieux. Cependant, la plupart des fabricants travaillent présentement pour obtenir des logiciels ayant une plus grande capacité d'intégration de la conception jusqu'à l'érection finale du bâtiment.

Voici la liste des concepteurs de logiciels identifiés dans le cadre du projet, avec la marque de commerce de leur produit entre parenthèses, le cas échéant :

- ↪ *Alpine Engineered Products, Inc. (PanelVIEW).*
- ↪ *Argos Systems, Inc. (Framer).*
- ↪ *Cadwork informatique (Cadwork).*
- ↪ *EZcad Inc. (Wallcad).*
- ↪ *HSB-Cad.*
- ↪ *Intelligent Building Systems (WallBuilder).*
- ↪ *Keymark Enterprises Inc. (KeyPanel).*
- ↪ *MBA Computing.*
- ↪ *Mitek Industries Inc. (PanelBuilder et e-Frame).*
- ↪ *WalPlus+.*

Les logiciels qui existent sur le marché permettent d'avoir différents niveaux d'intégration de gestion de la production. De façon générale et succincte, voici la description des principales fonctions, selon trois niveaux.

PREMIER NIVEAU - l'usine papier :	les plans de fabrication de chaque mur sont transférés aux différentes stations
------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

- ↪ Saisie des dessins du concepteur et établissement des spécifications détaillant la construction de chaque panneau.
- ↪ Production, par le logiciel, des plans d'élévation et de l'identification de chacun des panneaux extérieurs et intérieurs.
- ↪ Production des listes de débits, soit pour chaque panneau, soit par projet.
- ↪ Établissement de la séquence d'empilement des panneaux.
- ↪ Lancement de la production selon le mode juste à temps ou bien par le regroupement de la fabrication des sous-composantes semblables d'un même projet, afin d'optimiser le procédé.
- ↪ Calcul des coûts.

DEUXIÈME NIVEAU - intégration intermédiaire

Intégration des fonctions précédentes plus le transfert de fichiers vers les équipements de préproduction. Ce second niveau permet de télécharger les fichiers de marquage et les listes de débits à la station de marquage et d'éboutage.

TROISIÈME NIVEAU - l'usine sans papier

Intégration des fonctions précédentes, plus les suivantes :

- ↗ Gestion en temps réel de la production par le transfert d'instructions spécifiques à chaque station de fabrication, souvent à l'aide de terminaux installés dans l'usine.
- ↗ Enregistrement du temps de production requis pour fabriquer les composantes.

PARTICULARITÉS DES LOGICIELS ÉTUDIÉS

La plupart des logiciels, sauf *Keymark*, ne font aucun calcul d'ingénierie ou de vérification de conformité aux codes de construction. Les techniciens, lorsqu'ils ont à déterminer une composante de mur (linteau, par exemple), doivent se servir de données qu'ils ont incluses dans des bibliothèques de définition et où on retrouve l'information sur les capacités de cette composante (portée en fonction de la section et du matériau du linteau). *Keymark* serait le seul logiciel à posséder des capacités de calculs d'ingénierie, mais son utilisation serait sensiblement plus complexe.

Certains logiciels génèrent un fichier contenant l'inventaire de tous les sciages qui seront utilisés pour la fabrication des murs d'un projet donné. Lorsque le technicien saisit les spécifications des murs du bâtiment, le logiciel permet d'assigner un code pour chaque type de composantes (linteau, poteau cornier, colombages jumelés, potelet,...), de les regrouper et de déterminer celles qui nécessiteront des sciages de 16 pi, puis celles qui nécessiteront des 14 pi, etc., permettant ainsi d'optimiser l'éboutage « *minimum waste cutting list* » et d'établir le rendement matière.

La plupart des logiciels offre la possibilité de convertir les fichiers dessins en d'autres fichiers (txt, xml, etc.) qui pourront être exportés vers certains équipements (les « *marking saw* » de *Koskovich*, *Virtek* et *Alpine*) afin que ces derniers puissent prendre en charge le marquage puis l'éboutage des pièces de bois. Chaque composante est identifiée au panneau à lequel elle appartient.

Une fois les spécifications des murs définies, certains logiciels permettent de déterminer la séquence d'empilement des panneaux en fonction de certains critères (hauteur et largeur maximales de l'empilement, détermination du premier panneau à ériger sur le chantier,...) et de produire un dessin d'élévation de la solution. L'utilisateur peut alors modifier les critères et le logiciel redéfinira une nouvelle solution. L'ordre de fabrication des murs sera alors déterminé en fonction de la solution retenue. Toutefois, certains fabricants de murs en panneaux, particulièrement ceux qui fabriquent des murs fermés, placent leurs panneaux verticalement sur une remorque et n'ont donc pas besoin de cette fonction du logiciel « *stacking software* ».

En général, les concepteurs de logiciels ne vendent pas leurs produits mais exigent des frais de licence mensuels qui varient entre 500 et 1 500 dollars canadiens, en fonction des différents niveaux mentionnés ci-dessus. Toutefois, *Argos Systems, Inc.*, vend son logiciel « *Framer* » au coût de 4 950 dollars américains (7 770 \$CA). L'utilisateur peut se prévaloir d'autres options comme le programme de maintenance qui inclut un service de dépannage téléphonique tout au long de l'année, ainsi que la mise à niveau annuelle, pour un montant équivalent à 15 % du prix du logiciel. À la demande, *Argos* peut organiser une conférence sur Internet par le système *WebEx* afin de démontrer les capacités de ses logiciels.

Dans le cas d'une usine sans papier « *paperless* », il faut tenir compte du coût des différents terminaux installés dans l'usine (\pm 650 \$CA / terminal) et du serveur qui alimentera ces derniers (\pm 8 000 \$CA).

5.0 SCÉNARIOS D'AUTOMATISATION DE LA FABRICATION DES PANNEAUX MURAUX

Dans les sections qui suivent, quatre scénarios d'automatisation de murs ouverts et trois autres de murs fermés sont présentés. Pour chacun de ces scénarios, on retrouve les éléments suivants :

- ↪ Aménagement d'usine typique « lay-out ».
- ↪ Étapes de fabrication et description des principaux équipements.
- ↪ Capacité de production toujours exprimée en pieds linéaires (p.l.) par quart de travail de 8 heures.
- ↪ Main-d'œuvre requise.
- ↪ Niveau de productivité exprimé en pieds linéaires par employé à la production par quart de 8 heures.
- ↪ Surface de plancher de l'usine, excluant les aires de réception des matières premières et d'entreposage des produits finis, exprimée en pieds carrés (pi²).
- ↪ Niveau d'investissement requis, uniquement en termes d'équipements, en dollars canadiens (\$CA), en utilisant les taux de conversion du 9 mai 2002 (1 dollar US=1,57 \$CA). Les coûts sont établis au 1 000 \$CA supérieur à l'estimation théorique.

5.1 Murs ouverts

Dans cette étude, les murs extérieurs ouverts sont définis de la façon suivante :

- ↪ Colombages et lisses en 2×4 ou 2×6.
- ↪ Hauteurs de 8 à 10 pi.
- ↪ Longueurs jusqu'à 16 pi.
- ↪ Panneaux de revêtements extérieurs OSB (7/16 po) ou contreplaqué (3/8 po).

Par ailleurs, les cloisons intérieures sont simplement constituées d'une structure en 2×3 ou 2×4.

5.1.1 Usine manuelle typique de murs ouverts en panneaux avant d'envisager l'automatisation

Dans cette section, on considèrera une usine qui possède deux tables de montage.

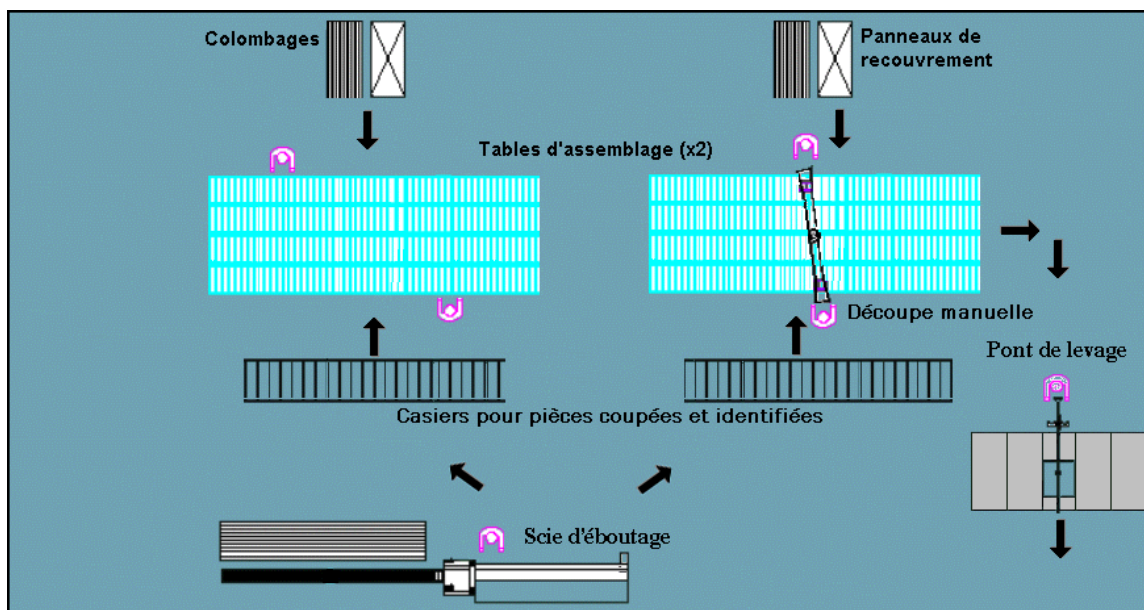


Figure 5 : Exemple d'aménagement d'une usine manuelle typique

Étapes de fabrication et équipements requis

Habituellement, à partir des plans fournis par les constructeurs, des techniciens transfèrent l'information sur un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAD) pour ensuite produire les dessins contenant le détail de chaque panneau. Cette information sert de plan de travail pour les ouvriers des tables de montage.

Un employé à l'entrée a la responsabilité de couper les composantes à l'aide d'une scie et de les insérer dans des cases identifiées selon les longueurs. Les tables de montage, habituellement en bois, sont quelquefois munies de butées de référence afin d'assurer l'équerrage des panneaux. Deux ouvriers à chaque table s'approvisionnent dans les casiers et n'ont aucune coupe à faire. Ceux-ci sont responsables d'assembler les composantes et la structure des murs, à partir de colombages en 2×4 ou 2×6, épinettes, pins et sapins (SPF *Spruce, Pine, Fir*) de qualité 2 et meilleur, d'installer, de fixer et de découper les ouvertures dans les panneaux (OSB ou contreplaqué) et d'emballer les panneaux muraux. Ils n'utilisent aucun gabarit et sont simplement munis de gallons à mesurer et de clouuses à l'air. Une autre personne s'assure que la qualité des panneaux est tout à fait conforme au devis.

Pour les cloisons intérieures, les entremises utilisées entre les colombages sont quelquefois remplacées par une latte placée et fixée dans une mortaise pratiquée dans chaque colompage, à mi-hauteur de mur. Cela permet de réduire les gauchissements, depuis la fabrication jusqu'à l'installation du gypse (période de transport et entreposage du mur) et également de faciliter l'installation des panneaux de gypse (latte à mi-hauteur).

Capacité de production	Quelque 400 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	6
Niveau de productivité approximatif :	67 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Approximativement 50×80 pi, soit 4 000 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	(Essentiellement, scies d'éboutage, tables de montage, pont de levage, outillage pneumatique et chariot élévateur) : Environ 100 000 \$CA

5.1.2 Usine peu automatisée

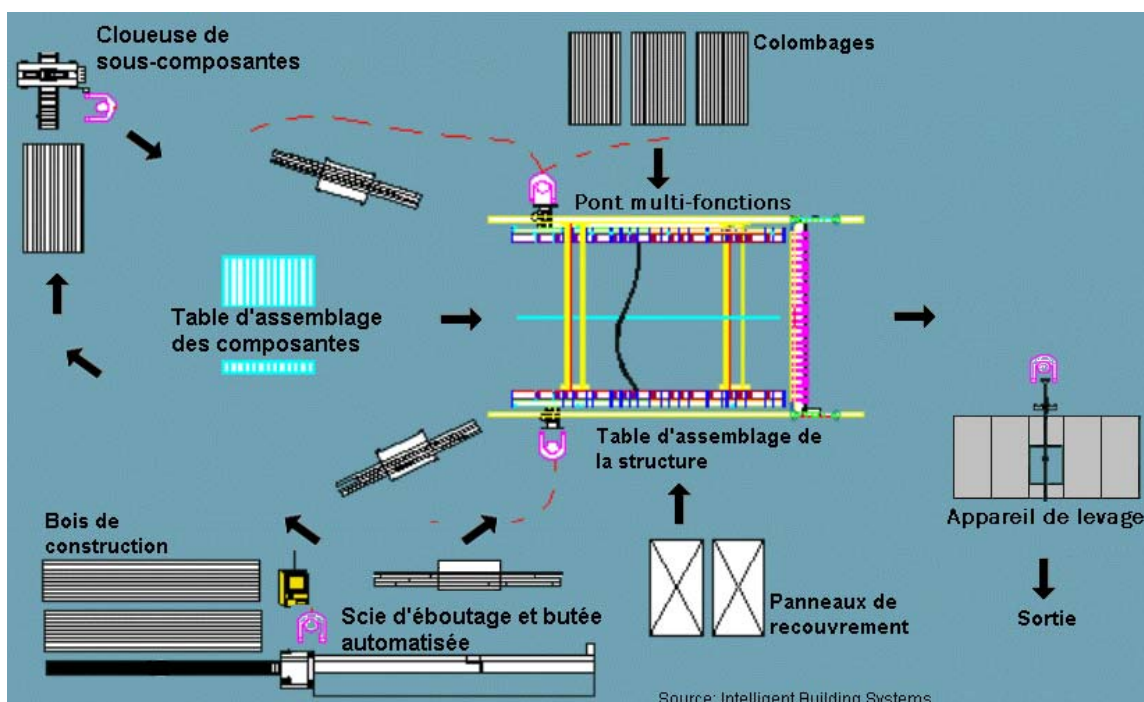


Figure 6 : Exemple d'aménagement d'une usine peu automatisée

Étapes de fabrication et équipements requis

Comme mentionné à la section 5.1.1, les dessins contenant le détail de chaque panneau servent de plans de travail pour les ouvriers de la table de montage.

Un employé a la responsabilité de couper et d'identifier les lisses et les sablières ainsi que les sciages destinés à la fabrication des composantes en utilisant une scie à butée automatisée. À l'aide de chariots, les lisses et les sablières sont acheminées à la table d'assemblage de la structure tandis que les sciages sont amenés à la cloueuse de sous-composantes où un autre employé fait l'assemblage des poteaux corniers, colombages jumelés, linteaux... Ce même employé, en utilisant une table à cet effet, a la responsabilité d'assembler les composantes (cadres de portes et fenêtres, « ladder »,...) puis de les disposer dans des supports à proximité de la table d'assemblage de la structure.

Deux ouvriers, à la table d'équerrage d'assemblage de la structure, sont responsables de clouer les colombages et les composantes aux lisses et aux sablières, d'installer, de fixer et de découper les ouvertures dans les panneaux (OSB ou contreplaqué). Un autre employé, mobile, s'occupe du déchargement des panneaux et de leur empilage, de l'approvisionnement de la ligne de fabrication ainsi que du nettoyage.

Capacité de production	Quelque 600 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	5
Niveau de productivité approximatif :	120 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Environ 50x80 pi, soit 4 000 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	(ceux apparaissant sur le schéma d'aménagement, ainsi que le pont de levage, l'outillage pneumatique et le chariot élévateur) : Entre 150 000 et 205 000 \$CA (moyenne de 178 000 \$CA)

5.1.3 Usine moyennement automatisée

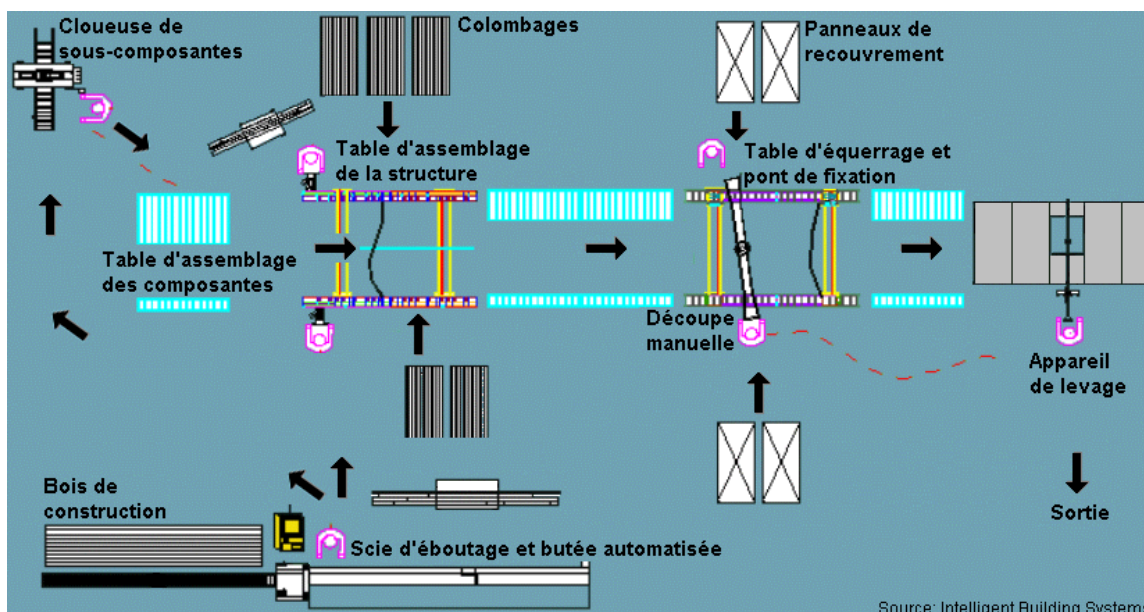


Figure 7 : Exemple d'aménagement d'une usine moyennement automatisée

Étapes de fabrication et équipements requis

Comme mentionné à la section 5.1.1, les dessins contenant le détail de chaque panneau servent de plans de travail pour les ouvriers des tables de montage.

Comme mentionné à la section 5.1.2, un employé est attitré à la scie d'éboutage, un autre à la responsabilité de la cloueuse de sous-composantes et de l'assemblage des composantes

Deux ouvriers, à la table d'assemblage de la structure, sont responsables d'assembler les colombages et les composantes aux lisses et aux sablières puis de pousser les panneaux vers la prochaine station de fabrication. Deux autres ouvriers, à la table d'équerrage, déposent et fixent temporairement « taquer » les panneaux (OSB ou contreplaqué) puis pratiquent les ouvertures à l'aide d'une toupie. Par la suite, un de ces ouvriers actionne le pont de fixation tandis que l'autre employé s'occupe du déchargement des panneaux et de leur empilage.

Capacité de production	Quelque 800 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	6
Niveau de productivité approximatif :	133 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Environ 50x 100 pi, soit 5 000 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	(ceux apparaissant sur le schéma d'aménagement, ainsi que le pont de levage, l'outillage pneumatique et le chariot élévateur) : Entre 185 000 \$CA et 245 000 \$CA (moyenne de 215 000 \$CA)

5.1.4 Usine automatisée

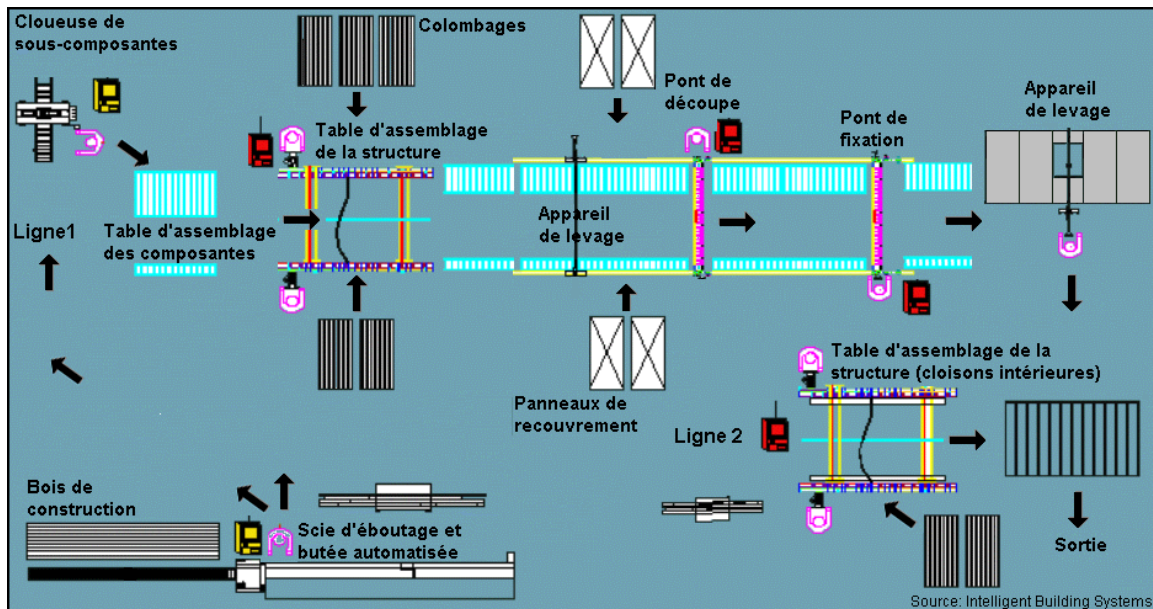


Figure 8 : Exemple d'aménagement d'une usine automatisée

Étapes de fabrication et équipements requis

Comme mentionné à la section 5.1.1, les dessins contenant le détail de chaque panneau servent de plans de travail pour les ouvriers des tables de montage. L'information peut être utilisée, soit sous forme papier soit transmise aux différentes stations de travail par des moniteurs.

Comme mentionné à la section 5.1.2, un employé est attitré à la scie d'éboutage, un autre a la responsabilité de la cloueuse de sous-composantes et de l'assemblage des composantes.

Cet aménagement comprend deux lignes de fabrication : une dédiée aux cloisons intérieures et l'autre, pour les murs extérieurs ou les cloisons intérieures.

↪ Ligne 1 (pour murs extérieurs et cloisons intérieures)

Deux ouvriers s'occupent d'assembler la structure. S'il s'agit d'une cloison intérieure, elle est immédiatement évacuée de la ligne de fabrication à l'aide de l'appareil de levage.

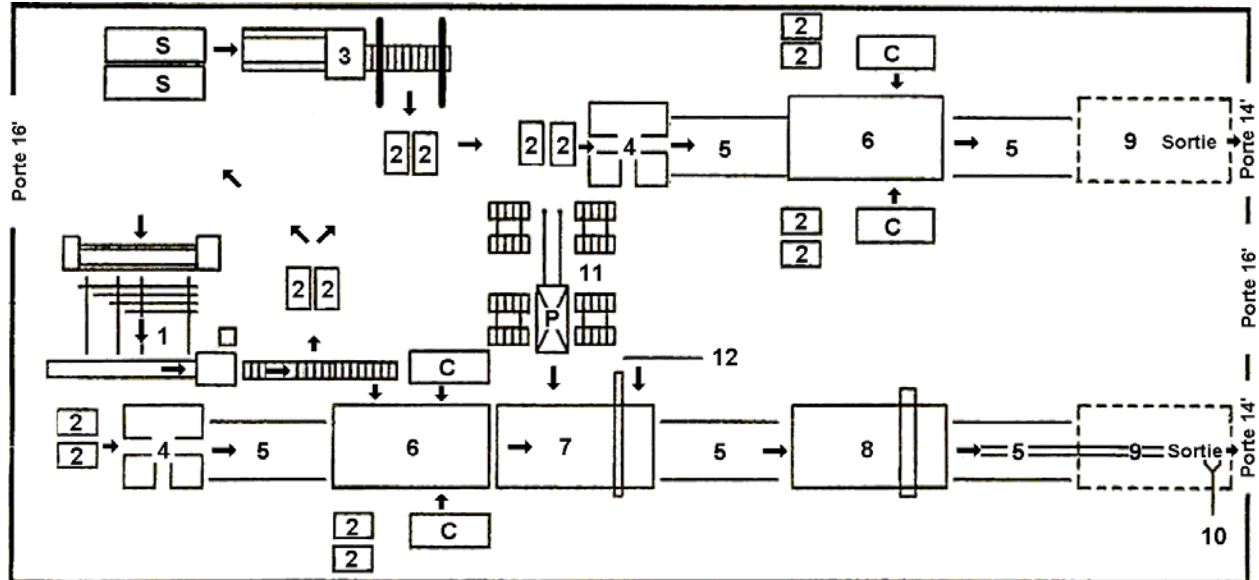
Si c'est un mur extérieur, la structure est poussée vers la table d'équerrage et le pont de découpe où deux ouvriers déposent et fixent temporairement les panneaux. Par la suite, un de ces ouvriers actionne le pont de découpe tandis que l'autre actionne le pont de fixation. Un autre employé s'occupe du déchargement et de l'empilage des panneaux provenant des deux lignes.

↪ Ligne 2 (pour cloisons intérieures)

Deux ouvriers s'occupent de l'assemblage de la structure

Capacité de production	Quelque 1 600 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	9
Niveau de productivité approximatif :	178 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Environ 70x 150 pi, soit 10 500 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements	(Ceux apparaissant sur le schéma d'aménagement, ainsi que deux ponts de levage, l'outillage pneumatique et le chariot élévateur) : Entre 265 000 \$CA et 340 000 \$CA (moyenne de 303 000 \$CA)

5.1.5 Usine très automatisée proposée par Wasserman



1	Mini-Miser de <i>Koskovich</i> avec convoyeur de sortie de 20 pi	9	2 aires d'empilage des panneaux muraux
2	14 chariots	10	Appareil de levage électrique (cap. ½ tonne)
3	Cloueuse de composantes PCS avec empileuse automatique	11	Système d'approvisionnement en panneaux de recouvrement avec vérin à ciseaux
4	2 tables d'assemblage des composantes	12	Scie à panneaux <i>Safety Speed Cut</i>
5	5 convoyeurs à rouleaux		
6	2 tables d'assemblage de la structure automatique <i>Panels Plus</i> (une pour les murs intérieurs et l'autre pour les murs extérieurs)	S	Bois de construction (sciages)
7	Table d'équerrage et pont de découpe automatique <i>Panels Plus</i>	C	Colombages
8	Table et pont de fixation automatique <i>Panels Plus</i>	P	Panneaux de recouvrement

Figure 9 : Exemple d'aménagement d'une usine très automatisée (Wasserman)

Étapes de fabrication et équipements requis

Comme mentionné à la section 5.1.1, les dessins contenant le détail de chaque panneau servent de plans de travail pour les ouvriers des tables de montage. L'information peut être utilisée, soit sous forme papier soit transmise aux différentes stations de travail par des moniteurs.

Un employé a la responsabilité d'alimenter la « *marking saw* » *Mini-miser* de *Koskovich* (1) qui marque, à l'aide d'imprimantes à jet d'encre, l'emplacement des colombages et des composantes sur les lisses et les sablières puis coupe ces dernières.

Un autre employé a la responsabilité d'opérer le centre de fabrication des composantes de CPC-16 du fabricant *Production Conveyors Systems (PCS)*. Cet équipement permet de fabriquer et d'empiler automatiquement les linteaux, les poteaux corniers, les colombages jumelés, les *ladder*,...

Cet aménagement comprend deux lignes de fabrication : une dédiée aux cloisons intérieures et l'autre, pour les murs extérieurs ou les cloisons intérieures.

🔗 Ligne 1 (pour murs extérieurs et cloisons intérieures)

Un employé a la responsabilité d'assembler les composantes (cadres de portes et fenêtres,...) puis de les pousser sur les convoyeurs à rouleaux vers la table d'assemblage de la structure.

Deux ouvriers s'occupent de la table automatique d'assemblage de la structure *Panels Plus* et de la table d'équerrage munie d'un pont de découpe automatique *Panels Plus* tandis qu'un autre employé s'occupe du pont de fixation automatique et de l'empilage des panneaux.

🔗 Ligne 2 (pour cloisons intérieures)

Un employé a la responsabilité d'assembler les cadres de portes et autres composantes, puis de les pousser sur les convoyeurs à rouleaux vers la table automatique d'assemblage des cloisons intérieures *Panels Plus* activée par deux ouvriers.

Enfin, un employé, mobile, s'occupe de l'approvisionnement des lignes de fabrication ainsi que du nettoyage.

Capacité de production	Quelque 2 600 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	10
Niveau de productivité approximatif :	260 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Approximativement 70×160 pi, soit 11 200 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	(Ceux apparaissant sur le schéma d'aménagement, ainsi que le pont de levage, l'outillage pneumatique et le chariot élévateur) : Environ 800 000 \$CA

5.2 Murs fermés

Dans les sections suivantes, pour chacun des cas concernant les murs extérieurs fermés, la définition du produit (mur) est différente, en raison de l'information qui a été fournie. Celle-ci est donnée au début de chaque cas.

5.2.1 Usine manuelle typique de murs fermés avant d'envisager l'automatisation

Définition du mur fermé typique considéré :

- ↗ Colombages et lisses en 2×4 ou 2×6.
- ↗ Hauteurs de 8 à 10 pi.
- ↗ Longueurs jusqu'à 30 pi.
- ↗ Panneaux de revêtement extérieur OSB (7/16 po) ou contreplaqué (3/8 po).
- ↗ Pare-air du genre Tyvek.
- ↗ Laine minérale en natte.
- ↗ Pare-vapeur.
- ↗ Portes et fenêtres.

Dans cette section, on considérera une usine qui possède deux tables de montage.

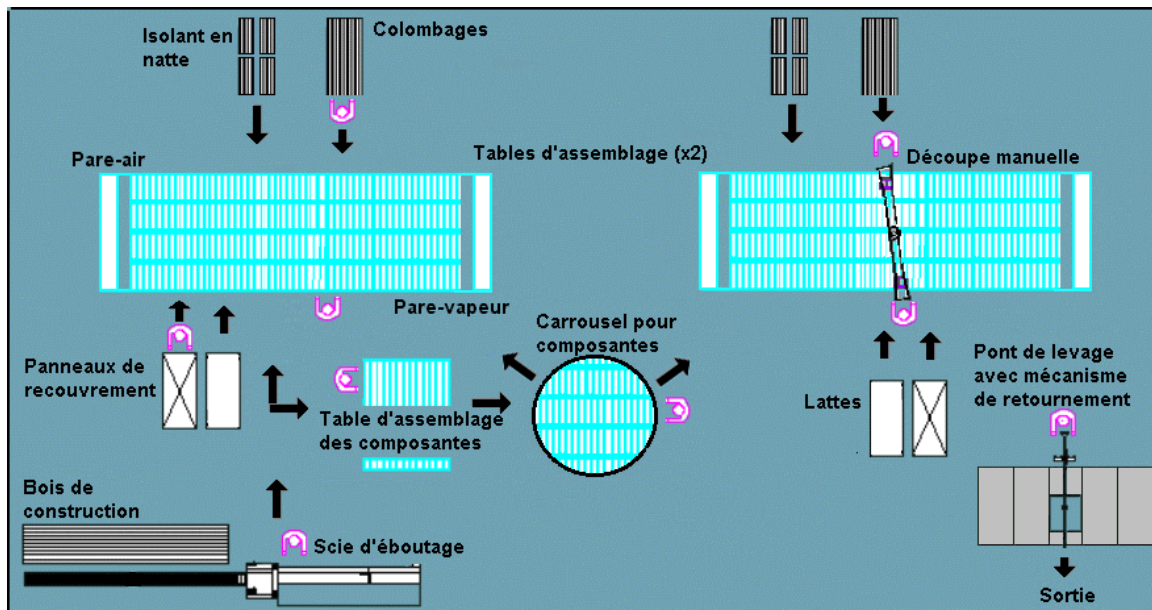


Figure 10 : Exemple d'aménagement d'une usine manuelle typique

Étapes de fabrication et équipements requis

Comme mentionné à la section 5.1.1, les dessins contenant le détail de chaque panneau servent de plans de travail pour les ouvriers des tables de montage et de la scie.

Un ou deux employés ont la responsabilité de couper et d'identifier les lisses et les sablières ainsi que les sciages destinés à la fabrication des composantes en utilisant une scie radiale, d'amener les lisses et les sablières à un carrousel disposé entre les deux tables de montage, d'assembler les composantes (poteaux corniers, cadres de portes et fenêtres, « ladder »,...) sur la table d'assemblage des composantes, les identifier puis de les déposer sur le carrousel où elles seront reprises par les ouvriers des tables de montage.

Deux ou trois ouvriers, à chaque table de montage (généralement en bois et quelquefois munies de butées de référence afin d'assurer l'équerrage des panneaux), sont responsables de clouer les colombages et les composantes aux lisses et aux sablières, d'installer, de fixer et de découper les ouvertures dans les panneaux (OSB ou contreplaqué) puis d'installer le pare-air et la latte extérieure. Ils n'utilisent aucun gabarit et sont simplement munis de gallons à mesurer et de cloueuses à l'air. Par la suite, à l'aide d'un pont roulant muni d'un système permettant le retournement des panneaux, ces ouvriers déposent le panneau sur la face complétée, installent l'isolant dans les cavités, fixent le pare-vapeur et les lattes intérieures.

Dans certains cas, une fois ces étapes terminées, ils relèvent le panneau en position verticale et effectuent la pose des portes et des fenêtres. Un autre employé, mobile, s'occupe, entre autres, de l'approvisionnement de la ligne de fabrication ainsi que du nettoyage.

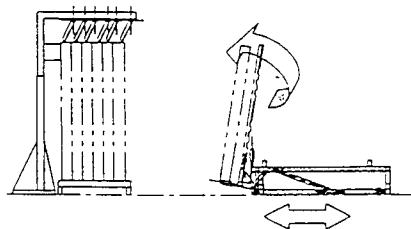
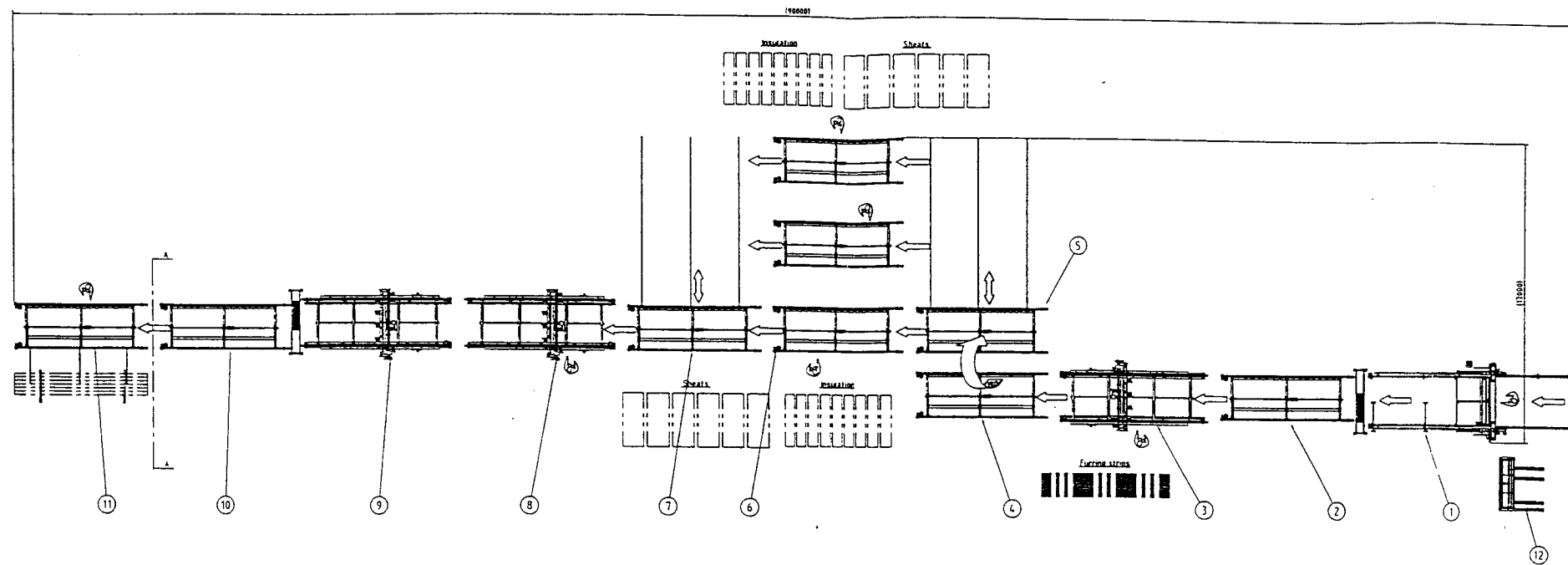
Une autre personne s'assure que la qualité des panneaux est tout à fait conforme au devis.

Capacité de production	Quelque 150 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	10
Niveau de productivité approximatif :	15 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine	Approximativement 50×120 pi, soit 6 000 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	(Essentiellement, scies d'éboutage, tables de montage, pont de levage, outillage pneumatique et chariot élévateur) : Environ 100 000 \$CA

5.2.2 Usine Randek Maskin AB n° 1

Définition du mur fermé considéré dans ce cas-ci :

- ↻ Colombages et lisses en 2×4 ou 2×6.
- ↻ Hauteurs de 8 à 10 pi.
- ↻ Longueurs de 4 à 25 pi.
- ↻ Panneaux de revêtement extérieur OSB (7/16 po) ou contreplaqué (3/8 po).
- ↻ Pare-air du genre Tyvek.
- ↻ Laine minérale en natte.
- ↻ Pare-vapeur.
- ↻ Lattes intérieures.



A - A Scale 1:50

12	1	Sub-assembly station			
11	1	Stacker (module)			
10	1	Butte station			
9	1	Forming station			
8	1	Housing station (top)			
7	1	Housing station (module)			
6	1	Housing station (bottom)			
5	1	Application station sheet/naulsion			
4	1	Second turnstile (module)			
3	1	First turnstile			
2	1	Housing station (vertical ribs)			
1	1	Forming station			

RANDEK Wall line, exterior walls
 Le Criq 50m/h
 2-15137

Figure 11: Exemple d'aménagement de l'usine automatisée no 1, proposé par l'entreprise Randek Maskin AB

Étapes de fabrication et équipements requis

↪ Station 1 : Table automatique d'assemblage de la structure

Table automatique d'assemblage de la structure munie de quatre cloueuses pneumatiques dont la hauteur est ajustable manuellement. L'opérateur place la lisse d'assise et la sablière à la main puis insère le premier colombage en position, contre des butées de serrage. Une fois les sciages bien en place, le premier cycle de clouage est effectué. Une pince agrippe le premier colombage du panneau, la lisse d'assise et la sablière, maintenant fixées, et les déplacent horizontalement, selon l'information de distance centre en centre transmise par le logiciel de gestion de la production, jusqu'à la position exacte du prochain colombage ou de la composante à clouer. Le second cycle de clouage est effectué et l'opération se répète ainsi jusqu'à ce que la structure du panneau soit terminée. L'opérateur assure l'alimentation et la mise en place manuelle des colobages, des lisses d'assise, des sablières et des composantes.

Le déplacement des panneaux entre les différentes stations de la ligne de fabrication est assuré par des convoyeurs à courroie motorisés.

↪ Station 2 : Application du coupe-vapeur

Application, fixation et découpe manuelles du pare-vapeur sur la structure.

↪ Station 3 : Table d'équerrage et pont de fixation des fourrures

Table d'équerrage et pont de fixation des fourrures équipés de six cloueuses pneumatiques. Les supports de cloueuses sont munis de guides qui assurent le placement adéquat des fourrures sur la structure. L'opérateur dispose manuellement les fourrures dans les guides puis actionne le pont qui cloue automatiquement les fourrures.

↪ Station 4 : Retourneur papillon (1^{re} table)

Première table (fixe) du retourneur papillon.

↪ Station 5 : Retourneur papillon (2^e table)

Deuxième table du retourneur papillon. Cette table se déplace latéralement vis-à-vis l'une des trois tables de la station suivante et assure leur approvisionnement.

↪ Station 6 : Stations (3) d'isolation et de pose des panneaux de recouvrement

Trois tables fixes munies de convoyeurs. Les trois ouvriers placent l'isolant dans les cavités puis fixent partiellement les panneaux de recouvrement.

↗ **Station 7 : Station mobile**

Cette table se déplace latéralement vis-à-vis l'une des trois tables de la station précédente et assure leur déchargement. Le panneau mural, maintenant isolé et recouvert de panneaux OSB ou contreplaqué, réintègre la ligne de fabrication.

↗ **Station 8 : Pont de fixation pour les panneaux de recouvrement**

Pont de fixation muni de huit outils pneumatiques se déplaçant perpendiculairement à l'axe des panneaux. Le déplacement et le déclenchement de la plupart des outils sont commandés par le logiciel de gestion de la production qui assure la fixation des panneaux sur les colombages, les lisses d'assise, les sablières et le périmètre des ouvertures.

↗ **Station 9 : Station d'application et d'agrafage du Tyvek**

Application et découpe manuelles du Tyvek par l'opérateur. Pont de fixation muni de huit agrafeuses pneumatiques se déplaçant perpendiculairement à l'axe des panneaux. Comme à la station précédente, le déplacement et le déclenchement sont automatiques.

↗ **Station 10 : Section tampon**

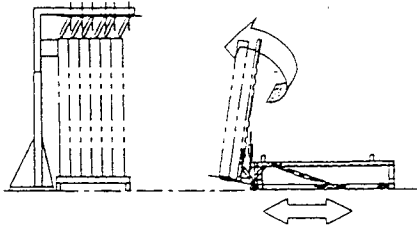
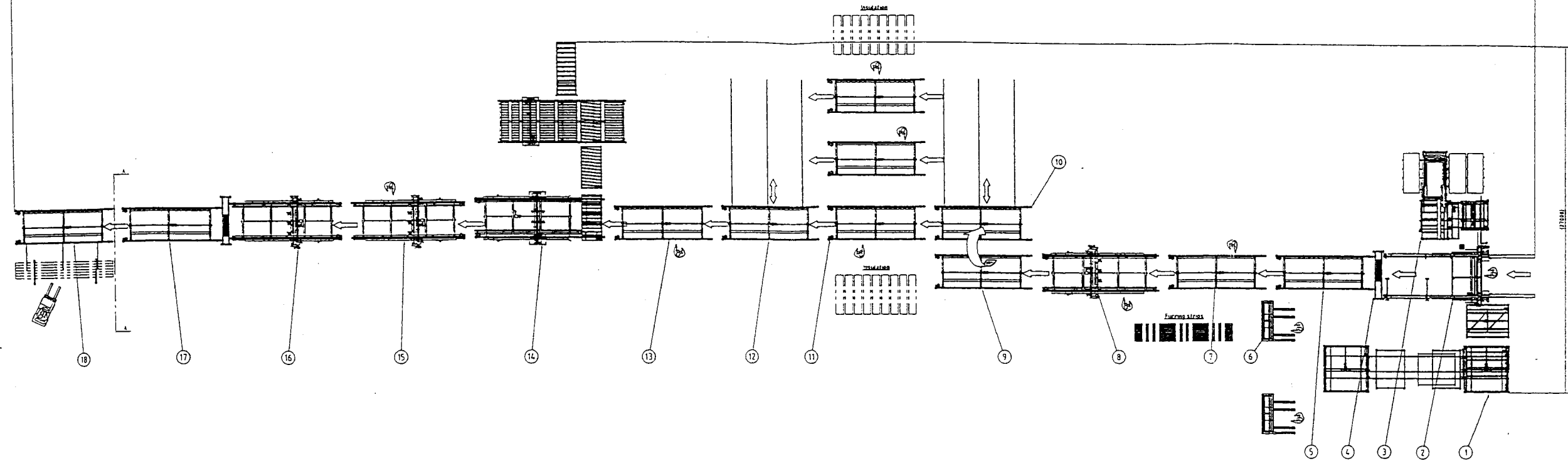
↗ **Station 11 : Station d'empilage mobile**

Station d'empilage mobile, équipée de vérins hydrauliques, qui positionne verticalement les panneaux et les déplace sur deux chariots. La retenue des panneaux en position verticale est assurée par une potence munie de taquets. Une fois la charge complétée, un garde est placé sur les chariots pour prévenir la chute des panneaux qui sont par la suite déplacés vers l'aire d'expédition.

Capacité de production	Quelque 1 575 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	12 (incluant un employé à la scie et un autre à la préparation des sous-composantes)
Niveau de productivité approximatif :	131 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Environ 100x350 pi, soit 35 000 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	(Ceux apparaissant sur le schéma d'aménagement, ainsi qu'une scie automatique pour l'éboutage (96 000 \$CA), l'outillage pneumatique et le chariot élévateur) : Approximativement 1 400 000 \$CA

5.2.3 Usine Randek Maskin AB n°2

La définition du mur fermé considéré dans ce cas-ci est identique à celle qu'on retrouve à la section précédente.



A - A Scale 150

18	1	Stacker (mobile)			
17	1	Buffer station			
16	1	Frame station			
15	1	Mooring station (mobile)			
14	1	Shapers operator (operator)			
13	1	Buffer station			
12	1	Buffer station (mobile)			
11	1	Insulation station			
10	1	Second turntable			
9	1	First turntable			
8	1	Mooring station (turning stop)			
7	1	Application station (turning)			
6	2	Sub element station			
5	1	Buffer station			
4	1	Vapor barrier station			
3	1	Finishing station			
2	1	Sub element buffer			
1	1	Sub element buffer			

Scale: 1:50
 Date: 11/00/150
 Project: 20220
RANDEK Wall line, exterior walls
 Le crq 120m/h
 1-15128

Figure 12 :Exemple d'aménagement de l'usine no 2, proposé par l'entreprise Randek Maskin AB

Étapes de fabrication et équipements requis

↻ Station 1 : Réserve de sous-éléments

Réserve constituée de cinq convoyeurs superposés, chacun ayant une longueur de 9 m, donnant au total une autonomie d'environ une heure. Les deux ouvriers qui assemblent les sous-éléments (station 6) alimentent cette réserve selon l'ordre déterminé par le logiciel de gestion de la production en déposant les sous-éléments sur une table élévatrice à ciseaux qui chargera un des convoyeurs automatiquement. Les sous-éléments sont graduellement acheminés vers une autre table élévatrice à ciseaux qui assure un approvisionnement adéquat et juste à temps de la table automatique d'assemblage de la structure.

↻ Station 2 : Table automatique d'assemblage de la structure

Idem station 1 de la section 5.2.2.

↻ Station 3 : Alimentateur automatique de colombages

Alimentateur automatique pouvant contenir deux paquets « bundles » de colombages. L'équipement permet de décharger les paquets, rangée par rangée, puis un convoyeur transversal alimente la table automatique d'assemblage de la structure, un colompage à la fois.

↻ Station 4 : Application automatique du coupe-vapeur

Application, fixation et découpe automatiques du pare-vapeur sur la structure.

↻ Station 5 : Section tampon

↻ Station 6 : Stations (2) d'assemblage des sous-éléments

Deux ouvriers insèrent manuellement les composantes et les clouent avec un outil pneumatique « hand held nailer ».

↻ Station 7 : Section tampon

↻ Station 8 : Table d'équerrage et pont de fixation des fourrures

Idem station 3 de la section 5.2.2.

↻ Stations 9 et 10 : Retourneur papillon

Idem stations 4 et 5 de la section 5.2.2.

↻ Station 11 : Stations (3) d'isolation

Trois tables fixes munies de convoyeurs. Trois ouvriers placent l'isolant dans les cavités.

↗ **Station 12 : Station mobile**

Cette table se déplace latéralement vis-à-vis l'une des trois tables de la station précédente et assure leur déchargement. Le panneau mural, maintenant isolé, réintègre la ligne de fabrication.

↗ **Station 13 : Section tampon**

↗ **Station 14 : Table d'équerrage et station d'application des panneaux de recouvrement**

Cette station est alimentée par une réserve pouvant contenir six paquets de panneaux de recouvrement. Le logiciel de gestion de la production commande le déplacement d'un portique de manutention par aspiration qui amène un panneau de la réserve jusqu'au convoyeur qui alimente la station d'application. Un dispositif force l'équerrage de la structure tandis qu'un autre système de manutention par aspiration, piloté par le logiciel, positionne le panneau de façon précise. Une fois tous les panneaux bien positionnés, quatre cloueuses les fixent partiellement.

↗ **Station 15 : Pont de fixation pour les panneaux de recouvrement**

Idem station 8 de la section 5.2.2.

↗ **Station 16 : Station d'application et d'agrafage du Tyvek**

Idem station 9 de la section 5.2.2.

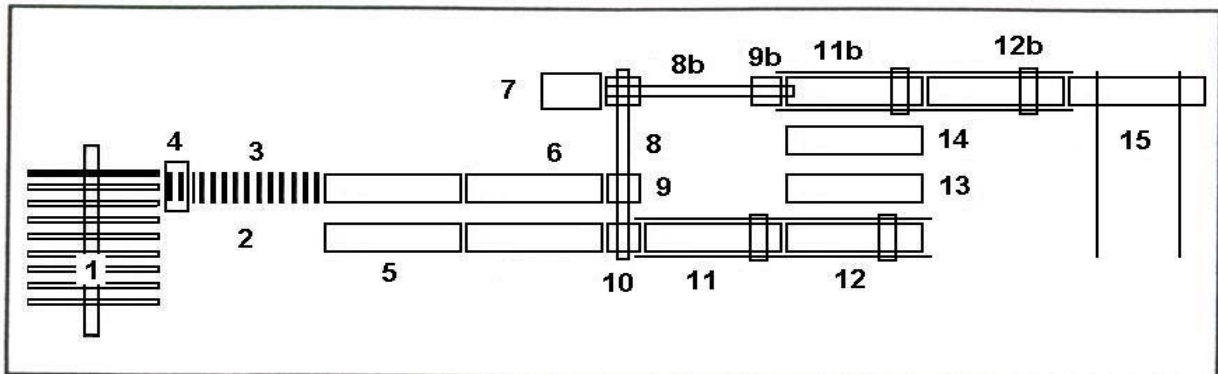
↗ **Station 17 : Section tampon**

↗ **Station 18 : Station d'empilage mobile**

Idem station 11 de la section 5.2.2.

Capacité de production	Quelque 3 150 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	14
Niveau de productivité approximatif :	225 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Environ 150×450 pi, soit 67 500 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	(Ceux apparaissant sur le schéma d'aménagement, ainsi qu'une scie automatique pour l'éboutage (96 000 \$CA), l'outillage pneumatique et le chariot élévateur) : Approximativement 2 600 000 \$CA

5.2.4 Usine proposée par Weinmann



1.	Magasin robotisé des lisses	9/9b)	Magasin à 10 étages
2.	Magasin des colombages et traverses situé à l'étage supérieur	10)	Reprise en <i>picking</i> des panneaux contenus dans un étage constituant une face de mur ou de cloison
3.	Transporteur à chaînes à taquets alimentant le carrousel qui dessert la station automatique d'assemblage de la structure en bois	11/11b)	Pose et usinages des panneaux sur la table du centre CNC multifonctions à portique
4.	Station d'assemblage de la structure	12/12b)	Pose et usinages des panneaux placoplâtre sur table de type retourneur papillon
5.	Introduction des réseaux spéciaux	13)	Table papillon. Poste de pose équipement électrique
6.	Table d'accumulation	14)	Pose manuelle de l'isolation
7.	Centre de découpe des panneaux avec dispatching vers les deux postes d'assemblage de murs et cloisons	15)	Station de relevage des éléments à la verticale et accrochage sur convoyeur aérien
8/8b)	Transporteur		

Source : Bois International, Boris Potapov

Figure 13 : Exemple d'aménagement de l'usine proposée par Weinmann

Étapes de fabrication et équipements requis

↗ Les lignes Weinmann

Le volume de production impose la fabrication séparée sur trois lignes automatisées distinctes, spécialisées par composants de maisons : murs et cloisons, planchers et toiture, murs pignons. Si les lignes diffèrent par les composants des bois de structures et par les panneaux, les processus des phases principales sont à peu près les mêmes. Dans l'ensemble, on procède à plat de la manière suivante :

- 1) Assemblage automatique sur table à plat du réseau de la structure en bois.
- 2) Recouvrement des panneaux en face 1.
- 3) Passage en centre multifonctions à contrôle numérique (CNC) effectuant tout ou partie des opérations suivantes : agrafage, clouage, sciage, perçages et entaillages.
- 4) Retournement par le système dit de tables papillon.
- 5) Recouvrement des panneaux en face 2.
- 6) Passage en centre multifonctions CNC effectuant tout ou partie des opérations suivantes : agrafage, clouage, sciage, perçages et entaillages.
- 7) Pivotement en position verticale et accrochage sur convoyeur aérien.

Il est important d'utiliser en bois de structure, des bois de qualité secs et rabotés quatre faces avec précision aux dimensions requises. Le processus complet est piloté à partir de la conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) de l'entreprise.

↗ Fabrication des murs et des cloisons

La fabrication des murs et des cloisons est effectuée en trois phases distinctes correspondant à trois zones d'atelier : débit automatique programmé des lisses, fabrication proprement dite des éléments sur une ligne automatisée, pose des ouvertures et application des revêtements.

La ligne de débit est conventionnelle, avec son alimentation et sa sortie automatisée. À noter que le système d'alimentation automatique doit prendre en charge des madriers lourds de grande longueur. Le système est constitué par quatre électrodes à vis montées sur le bras de préhension.

La figure 13 représente, sous forme simplifiée, l'implantation de la ligne de fabrication. La plus grande partie fonctionne suivant le principe général décrit plus haut. La caractéristique la plus intéressante, et aussi la plus spectaculaire, réside dans le poste de fabrication des bois de structure.

↗ Assemblage de la structure en bois

Les lisses sont prédisposées dans le magasin informatisé (1) à partir duquel elles sont approvisionnées par un automate à palonnier piloté par la CFAO. Les colombages prédébités se trouvent dans un magasin situé en étage (2) au-dessus de la ligne. L'alimentation est effectuée manuellement, conformément au listing du programme, à plat, sur le transporteur à chaîne à taquets (3) qui alimente automatiquement le carrousel desservant l'automate qui positionne les colombages entre les lisses.

On trouve également dans la section d'introduction, une presse d'assemblage par connecteur qui est utilisée dans les cas d'éléments à longueurs exceptionnelles. Pris à plat par l'automate, les madriers servant de lisses sont pivotés de 90° puis déposés dans la position qu'ils doivent occuper dans l'élément de mur ou de cloison de hauteur déterminée. Dans un premier temps, les lisses sont prises en charge par un entraîneur à contrôle numérique qu'il les amène en arrêt sur trois positions successives :

- 1) Tronçonnage.
- 2) Perçage du trou servant à l'ancrage sur le moyen de convoyage ou de transport.
- 3) Premier colombage.

L'automate dédié à la manipulation des colombages en prélève un dans le carrousel, le fait pivoter de 90° et le place entre les lisses. Intervient ensuite l'automate de fixation par connecteur. À partir de cet instant, un chariot arrière à course numérique contrôlée sur 8 m vient serrer la structure en départ d'assemblage et la déplace progressivement sur chacune des positions programmées des colombages où se déroule le même processus de dépose des colombages.

L'opérateur placé à l'entrée reçoit les ordres de fabrication sur son écran de contrôle et lance les programmes en conséquence en vérifiant leur bonne exécution. Il doit également veiller au positionnement correct des lisses et procéder à la pose de l'anneau de renforcement du perçage servant à la manutention des murs.

La ligne est conçue pour introduire des structures autres que le bois. Dans certaines régions d'Italie à termites, par exemple, des clients excluent le bois des structures et optent plutôt pour le métal.

Isolation – Recouvrement des faces

À partir du schéma de référence, la suite des opérations est facile à comprendre. Elle inclut le recouvrement successif des deux faces de l'élément par les types de panneaux programmés. Le passage d'une face à l'autre se fait au moyen d'un élément clé dans toutes les lignes de fabrication qui est le système de retournement par retourneur dit papillon. En principe, la face interne de la maison est posée et usinée en première phase et la face externe en seconde phase.

Retourneur papillon

Le retourneur papillon se compose de deux tables d'entraînement intégré (parallèlement ou perpendiculairement à l'axe de pivotement), par exemple (13) et (14) pivotant de 90° symétriquement. La table réceptrice reçoit l'élément qui vient se placer en basculement à partir de la table en amont puis les deux tables viennent reprendre leur position horizontale.

Préparation des panneaux de recouvrement et mécanisation

Le système utilisé présente une très grande flexibilité compte tenu de la diversité des matériaux utilisables (panneaux de particules, panneaux OSB, panneaux bois massifs trois couches, bois ciment, etc.), des formats et surtout des programmes de production à l'unité. La figure 13 ne peut malheureusement qu'illustrer très sommairement l'ensemble du dispositif constitué en résumé comme suit :

- Découpe des panneaux à dimensions sur le centre d'usinage (7).
- *Dispatching* par 8 et 8b pour les deux stations de recouvrement (11 et 11b).

- Constitution de paquets de panneaux correspondant à une face d'élément par étage d'un magasin à 10 étages (9 et 9b).
- Reprise en « *picking* » à partir du magasin des panneaux 1 à 1 et dépose programmée sur l'élément avec dispositif d'alignement sur deux axes en 11 et 11b. Les systèmes de préhension par ventouses servent à manipuler des panneaux bois-ciment de poids élevé.

➤ **Portiques multifonctions**

Au total, la ligne comprend quatre portiques multifonctions. On retrouve à peu près les mêmes machines dans les trois lignes de production.

Comme leur nom l'indique, les portiques multifonctions sont des centres d'usinage CNC à 3-4 axes programmés en CFAO, prévus pour de grandes amplitudes de courses sur les trois axes X, Y et Z : respectivement 50 000, 3 200 et 400 mm. Les deux faces du portique sont équipées d'un automate manipulateur pour panneaux ou lattes, de groupes opérateurs configurés en fonction des opérations à effectuer :

- Groupes de fixation de panneaux de façades interne et externe : agrafage, clouage et vissage sur structure de métal.
- Groupes de sciage : à scie circulaire, à chaîne (grande profondeur de sciage).
- Groupes d'usinage avec changeur d'outils : perçage et défonçage.

Le groupe d'aspiration et de filtration embarqué sur le portique règle de manière élégante le problème de raccordement d'un mobile à très grande plage de déplacement.

Le manipulateur de panneaux à ventouses permet au centre multifonctions de procéder lui-même au recouvrement des façades.

La figure 13 montre deux centres multifonctions en ligne : le premier effectue les opérations de base sur l'élément; le second procède à la fixation et au calibrage du panneau de placoplâtre lorsqu'il est utilisé en finition de façades. En façade externe, l'une des solutions consiste à utiliser des plaques en polystyrène considérées comme des bons supports d'enduits.

Les principaux usinages, en particulier les découpes d'ouvertures, les défonçages divers pour les alimentations (électricité, eau, gaz, etc.) pour les assemblages, sont effectués sur la face interne des éléments.

➤ **Pose des ouvertures – Finitions**

En fin de ligne, les éléments sont pivotés de 90° et suspendus aux convoyeurs aériens qui les transportent sur les postes de montage des ouvertures et des finitions de façades. Le choix des revêtements ou des décors interne et externe est très étendu et varie considérablement d'une maison à l'autre : enduits, carrelages, pavés de pierre, etc.

Capacité de production	Quelque 650 p.l./quart de 8 heures
Nombre d'employés :	10
Niveau de productivité approximatif :	65 p.l./personne-quart de 8 heures
Surface de plancher de l'usine :	Approximativement 80x145 pi, soit 11 600 pi ²
Niveau d'investissement requis en équipements :	Entre 2 et 4 millions \$CA (moyenne de 3 millions \$CA)

6.0 TYPE D'ÉQUIPEMENTS OFFERTS, PRIX ET FOURNISSEURS

Dans cette section, les différents types d'équipements offerts, de même que leurs prix, lorsque disponibles et leurs fournisseurs sont passés en revue.

6.1 Équipements de préproduction

Tableau 1 : Principaux équipements de préproduction

Type d'équipement	Prix approximatif *	Fournisseur
Système de mesurage à butée mécanique, excluant la scie d'éboutage	11 000 \$CA	The Hain Company
Butée automatisée avec la scie d'éboutage de Doucet machineries inc.	20 000 \$CA	Tiger Stop (Machinerie J.R. Normand inc.)
Butée automatisée avec unité de marquage et scie d'éboutage	41 000 \$CA	Wasserman / Apollo
Scie d'éboutage automatisée de la série n° 720	96 000 \$CA	Randek Maskin Ab
Unité de marquage laser avec scie d'éboutage, LaserMC	165 000 \$CA	Virtek Vision
Système de marquage par jets d'encre et scie d'éboutage AutoMark PF-90	118 000 \$CA	Alpine Engineering Products, Inc.
Unité de marquage par jets d'encre et scie d'éboutage <i>Mini-Miser</i>	160 000 \$CA (base) 285 000 \$CA (auto.)	The Koskovich Co.
Gabarit pour l'assemblage des sous-composantes	11 000 \$CA	Wasserman / Semmler
Cloueuse de composantes CN-4	20 000 \$CA	Triad / Merrick Machine Co.
Cloueuse de composantes dont les caractéristiques peuvent être préprogrammées (CPC-16), avec empileuse automatique	63 000 \$CA	Production Conveyor System
Table d'assemblage des composantes	4 100 \$CA	Triad / Merrick Machine Co.
Table d'assemblage des composantes	10 000 \$CA	Wasserman / Lou-Rich
Table d'assemblage des composantes	11 000 \$CA	Viking / ADT

* Prix tel que suggéré par le fabricant, à titre indicatif seulement.

6.2 Équipements de production

Tableau 2 : Principaux équipements de production

Type d'équipement	Prix approximatif *	Fournisseur
Système de projection laser par couches avec une ou deux têtes de projection	73 000 \$CA (1 tête) 97 000 \$CA (2 têtes)	Virtek Vision
Système de projection laser par couches avec une ou deux têtes de projection	52 000 \$CA (1 tête) 88 000 \$CA (2 têtes)	Lacey-Harmer
Système automatisé d'alimentation des colombages	115 000 \$CA	Randek Maskin Ab
Table d'assemblage de la structure, de largeur ajustable, munie de cloueuses manuelles (modèle de base)	48 000 \$CA	The Hain Company
Table d'assemblage de la structure, de largeur ajustable, munie de cloueuses manuelles (modèle de base)	Non disponible	Triad / Merrick Machine Co.
Table d'assemblage de la structure semi-automatique ayant 20 pi x 20 pi	79 000 \$CA	Viking / ADT
Table semi-automatisée, <i>Panels Plus</i> , 16 pi, munie de 2 à 3 cloueuses activées automatiquement en fonction de l'épaisseur des murs	103 000 \$CA	Wasserman / Lou-Rich.
Table semi-automatisée, de largeur ajustable, munie d'une barre lumineuse pour le positionnement des composantes et colombages	63 000 \$CA	Intelligent Building Systems
Table semi-automatisée munie d'un pont pour le maintien et la fixation des colombages et des lisses	Non disponible	Triad / Merrick Machine Co.
Table automatisée, avec modules de clouage fixes et avance des panneaux motorisée	108 000 \$CA	Production Conveyor Systems
Table automatisée d'assemblage de la structure, FM 3000	230 000 \$CA	Randek Maskin Ab
Outil de découpe manuel, manipulé par deux opérateurs	Non disponible	Intelligent Building Systems
Système d'alimentation de panneaux de recouvrement avec table élévatrice à ciseaux	16 000 \$CA	Wasserman / Lou-Rich
Table d'équerrage et de fixation manuelle de 20 x 12 pi	22 000 \$CA	Viking / ADT
Pont de découpe manuel de 12 pi	19 000 \$CA	Viking / ADT
Scie à panneaux, <i>Safety Speed Cut H4</i>	5 000 \$CA	Safety Speed Cut
Table d'équerrage et pont de découpe manuel déplacé dans les deux axes à l'aide de volants	45 000 \$CA	Wasserman / Lou-Rich
Table d'équerrage et pont de découpe automatisé <i>Panels Plus</i> , 16 pi	92 000 \$CA	Wasserman / Lou-Rich
Table d'équerrage et pont de découpe dont le déplacement dans les deux axes est mécanisé	55 000 \$CA	Triad / Merrick Machine Co.
Table d'équerrage avec pont de clouage	163 000 \$CA	Production Conveyor Systems
Pont de fixation portatif <i>Fastrac</i>	12 000 \$CA	Viking / ADT

Type d'équipement	Prix approximatif *	Fournisseur
Pont de fixation semi-automatisé, à déplacement manuel, doté d'un viseur laser. Le déclenchement des outils est commandé par l'opérateur	Non disponible	Intelligent Building Systems
Pont de fixation automatique	260 000 \$CA	Randek Maskin Ab
Pont de fixation à déplacement automatique. Le déclenchement des outils se fait automatiquement. L'équipement permet l'indexation latérale et l'inclinaison des outils	114 000 \$CA	Wasserman / Lou-Rich
Pont de fixation semi-automatique dont le déplacement se fait automatiquement. Les outils se déplacent transversalement et peuvent être inclinés. Ce genre de pont ne requiert que de 6 à 8 outils, comparativement à 42 pour les autres	127 000 \$CA	Viking / ADT Randek Maskin Ab
Retourneur papillon modèle BS20, entre 6 et 12 m, pour retourner les panneaux pour la fabrication des murs fermés	25 000 à 36 000 \$CA	Randek Maskin Ab
Appareil de levage	58 000 \$CA	Production Conveyor Systems
Appareil de levage	Non disponible	Intelligent Building Systems
Station d'empilage automatique des panneaux selon la séquence déterminée par le logiciel de gestion de la production	Non disponible	Production Conveyor Systems

* Prix tel que suggéré par le fabricant, à titre indicatif seulement.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le marché pour les panneaux muraux fabriqués en usine est en croissance. D'une part, les constructeurs traditionnels de maisons aux États-Unis consomment de plus en plus de panneaux ouverts ou encore ouverts avec un revêtement, principalement dans le nord du pays. Ces panneaux sont essentiellement fournis par des fabricants de fermes de toit. D'autre part, les entreprises québécoises de maisons usinées investissent des efforts accrus dans la commercialisation de leurs produits sur les marchés outre-mer, où elles pressentent des opportunités croissantes.

Dans ce contexte, l'automatisation permet d'atteindre un niveau de qualité supérieure de façon constante. Dans le domaine de la préfabrication des murs en panneaux, les erreurs humaines sont coûteuses et font augmenter les coûts du service après-vente, surtout dans les cas où les murs sont exportés sur les marchés étrangers. Indirectement, l'automatisation peut donc permettre d'améliorer la crédibilité, la fiabilité et la réputation de toute cette industrie, sur les marchés locaux, comme sur les marchés extérieurs.

L'automatisation est surtout perçue comme un moyen d'augmenter la productivité, d'augmenter les capacités et de réduire les coûts de production. Les technologies d'automatisation existantes pour la fabrication de ce type de panneaux sont nombreuses et variées et permettent ainsi une progression planifiée de l'automatisation de la fabrication d'une usine.

Il est très important de sélectionner les équipements en fonction de leur capacité de production respective, de manière à éviter les goulots d'étranglement qui peuvent ralentir considérablement la production et diminuer le rendement sur les investissements consentis aux procédés automatiques. Il importe notamment de bien aménager le département d'éboutage, d'assemblage et de clouage des composantes, de façon à optimiser l'approvisionnement de la table d'assemblage de la structure. Justement, à cet égard, il est bon de prévoir suffisamment d'espace avant la table d'assemblage de la structure pour pouvoir installer une table d'assemblage des composantes et permettre la circulation des chariots.

Lors de l'acquisition des équipements, il est souhaitable de s'assurer qu'ils ont une certaine flexibilité, de manière à pouvoir s'adapter aux besoins variés et changeant des différents marchés visés. Par surcroît, chaque panneau mural commande un dessin d'atelier différent.

L'ampleur des investissements requis pour automatiser les opérations de fabrication de panneaux muraux varie en fonction du niveau d'automatisation et de la capacité de production visés. Les différents scénarios présentés dans ce rapport s'adressent aussi bien aux PME qui voudraient fournir des constructeurs qu'aux fabricants de fermes de toit qui souhaiteraient compléter leur offre de composantes préfabriquées. Les fabricants de maisons usinées désireux d'augmenter leur productivité ou leur capacité peuvent également tirer profit des principales conclusions découlant de cette étude.

Le caractère saisonnier de l'industrie de la construction incite à une planification rigoureuse de l'expansion des capacités par la voie de l'automatisation. C'est ce qui explique la préférence de certains fabricants pour des procédés plus manuels. Et c'est pourquoi la présente analyse du potentiel d'automatisation des procédés de fabrication a porté sur divers scénarios permettant une implantation par étapes, depuis la fabrication manuelle jusqu'à l'automatisation complète, en passant par les procédés mixtes.

Cette approche par étapes est en adéquation avec le but poursuivi par le programme « *Brigades* » en seconde transformation du MRN. En effet, elle démontre l'accessibilité des technologies de base pour des petites entreprises.

Les principaux systèmes étudiés vont poursuivre leur évolution, notamment vers une plus grande intégration. Dans un avenir rapproché, les logiciels vont permettre une interaction compatible entre les dessins du concepteur et la gestion de la fabrication dans l'usine. Bien que les auteurs soient confiants que les données présentées ici reflètent fidèlement les spécifications des équipements passés en revue, il est indispensable que toute entreprise qui considère la préfabrication de murs en panneaux réalise, au préalable, une étude de faisabilité technico-économique.

8.0 BIBLIOGRAPHIE

- FELL D. et ROBICHAUD, F. *Attributes Demanded in Single-Family Walls.* Forintek Canada Corp., 2002.
- SCHULER, Al. *A Golden Opportunity for Component Manufacturers.* Woodwords, March 2000.
- STAFF, Virtek *Virtek LaserMC Takes the Work Out of Making Wall Panel Components.* Automated Builder, p. 28. July 2001.
- STEPHEN, Dennis *Advanced Manufacturing Systems Mean Higher Productivity and Superior Output Learn More at the BCMC Show Booth 148.* Automated Builder. p. 24. October 2001.
- WASSERMAN, L. *Automation and Engineering Software Have Made the Difference.* Automated Builder. p. 22. February 2001.
- CLEPPER, Irene *DenPak Likes New « Panels Plus 2000 » System from Wasserman.* Automated Builder. p. 32-33. January 2000.
- ANONYME *Triad/Merrick Machine Co. Shows Its New and Improved Wares.* Automated Builder. p. 15-17. June 2000.
- ANONYME *Leonard Hain's Innovative Machines Make a Solid Hit With Component Producers.* Automated Builder. March 2001.
- WOOD, Tommy *Wall Panel Manufacturing Developments Include: Automation and Standardization.* Automated Builder. p. 18. February 1999.
- STAFF, K. *Koskovich Company Introduces Industry's First Fully-Automated Panel-Components Saw ...Self-Feeding, Self-Cutting, Self-Marking.* Automated Builder. p. 36. September 1999.
- KLEPPER, I. *From Koskovich Co.: New Mini-Miser Automates Panel Plant, Cuts Multiple Costs.* Automated Builder. p. 19 et 22. March 2000.
- CARLSON, D.O. *With a 106-Year Head Start on Tomorrow: Automated Building Components Is Still Innovating With a New State-of-the Art Omni Mini-Miser Wall Panel Parts Machine.* Automated Builder. p. 8-11. September 2000.
- STAFF, K. *Koskovich Company Enhances Industry's First Fully-Automated Panel-Components Saw... Self-Feeding, Self-Cutting, Self-Marking.* Automated Builder. p. 20-21. May 2001.
- ANONYME *Five Auto-Omni Saws, a Jet-Set and an On-going Search For New, Profit-Making Products Spurs Company's Success.* p. 16. September 2001.

ANONYME	<i>Auto-Omni Eliminates Two Saws, and Koskovich Mini-Miser Develops 175% Production Increase.</i> Automated Builder. p. 14. November 2001.
CARLSON, Don O.	<i>Automated Builder.</i> Dictionary/Encyclopedia of Industrialized Housing. Third Edition. Automated Builder Magazine. Publications Div., CMN Associates. 237 p. 1995.
CARLSON, Don O.	<i>How to Start an Inner City Housing Plant.</i> Automated Builder Magazine. 97 p. 1999.
ANONYME	<i>Automated Cut-Off, Marking Saw.</i> Building Systems Magazine. p. 54, January/February 2002.
SHELTON, CT	<i>BT Building Systems, LLC : Taking the High-Tech Message to the Marketplace.</i> Automated Builder Magazine. pp. 24-25. August 1999.
ANONYME	<i>Panel Manufacturer Gear Up.</i> Builder, May 1999.
ANONYME	<i>The BT System : Our Trophy of Innovation.</i> CT Builder, Summer 1999.
GRUNDAHL, Kirk	<i>Peeking Into th Future of the Industry.</i> Structural Building Components Magazine. April 1999.
GRUNDAHL, Kirk	<i>Costing and Profitability of a Truss Plant.</i> Structural Building Components Magazine. May 1999.
WHATLEY, Tom et BURNEY, Jerry	<i>Is Machinery the Answer to Your Problems?</i> Structural Building Components Magazine. May 1999.
GIFFORD, Mike	<i>Justify Introducing Innovations in Your Plant.</i> Structural Building Components Magazine. May 1999.
GIBBS, Roger J.	<i>Technolgy in the Truss Plant.</i> Structural Building Components Magazine. April 2000.
ANONYME	<i>Path Roadmapping Group Seeks to Improve Houses With Next Generation Panalized Systems.</i> Structural Building Components Magazine, March 2001.
GIBBS, Roger J.	<i>Machine Innovations & Advancements.</i> Structural Building Components Magazine. May 2000.
HERSHEY, Ben	<i>Maximizing Your Investment in State-of-the-Art Equipment.</i> Structural Building Components Magazine. May 2000.
KOSSE, Alan	<i>Technology Improves Truss Plant Success.</i> Structural Building Components Magazine. May 2000.
KOSKOVICH, Jerry P.E.	<i>Why Automation Makes « Cents » : The Evolution of Automation in the Truss Plant.</i> Structural Building Components Magazine. May 2000.

OAKLEY, Jim	<i>Material Handling : A Supplier's Perspective</i> . Structural Building Components Magazine. May 2001.
FRANK, Brigit	<i>Can Wall Panel Production Grow Your Production</i> . Structural Building Components Magazine. September/October 2001.
HOUDEK, Dalibor	<i>Trip Report, 2001 Building Component Manufacturers Conference</i> . Louisville, Kentucky, October 31-November 2.
FAZIO, Paul et POLIQUIN Louis	<i>Prefabricated Housing in Sweden and Finland</i> . Report on Visites to Residential Prefabrication Plant and the R&D Institutions in Sweden and Finland, Forintek, April 3-8, 2000. 57 p. April 2000.
POTAPOV, Boris	<i>Schwörerhaus : près de 1000 maisons à ossature bois</i> . Le Bois InterNational, p. 14-19. 23 février 2002.
ANONYME	<i>BT Sees Success with Multifamily</i> . Building Systems Magazine. pp. 14 et 41. March/April 2002.
ANONYME	<i>Alpine's PanelView Software Builds Bigger, Better Business for Component Producer Users</i> . Automated Builder, p. 26. November 2002.
ANONYME	<i>Alpine Introduces Complete Line of Wall Panel Manufacturing Solutions</i> . Automated Builder. p. 34. July 1999.
STAFF, MiTek	<i>MiTek Presents New PanelBuilder Software for Wall</i> . Automated Builder. p. 30. May 2000.
HORNE, Kevin R.	<i>Keymark KeyBuild Software System Knows How to Engineer and Frame</i> . Automated Builder. p. 40. September 1999.
TRAYNOR, Terry	<i>AB Exclusive State of the Industry Report for 2001 : Total Housing Even in 2001 at 2.219 Million</i> . Automated Builder. p. 19. January 2002.
ANONYME	<i>Study Predicts 73% Growth Rate. Advantages of Building Systems Fuels Increase from \$9.2 Billion to \$16 Billion by 2008</i> . Building Systems Magazine. p. 18. January/February 2000.
ANONYME	<i>Growth of Panelization</i> . Building Systems Magazine. p. 29. May/June 2002.
ANONYME	<i>Path Roadmap : Advanced Panelized Construction</i> . Partnership for Advancing Technology in Housing, 15 p. June 2001.

- FRIEDMAN, Avi et
CAMMALLERI, Vince | *Construction industrialisée des maisons en rangée au moyen de panneaux muraux.*
Étude, Programme La maison à coût abordable, École d'architecture, Université McGill.
104 p. Juillet 1994.
- ANONYME | *Step-by-Step Guide to Being a Systems Builder.* Building Systems Magazine. pp. 32-44.
May/June 2002.
- ANONYME | *Path Technology Roadmap, Whole House and Building Process Redesign.* NAHB
Research Center, Upper Marlboro, 32 p. July 2001.
- CARLSON, Don O. et
DLUHOSCH, Eric | *Modular structures and related techniques.* Pp. 46-75
- BRANSON, T.R. et al. | *Automation technologies for the industrialized housing manufacturing industry.*
Computers ind. Engng, Vol. 19 n^{os} 1-4, pp. 587-592. 1990.